

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



DESARROLLO DE UN PROCESO DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES  
DE PARTES PARA LA ELABORACIÓN DE LÁMPARAS EN EL SECTOR  
AUTOMOTRIZ

POR

EDUARDO RAMÓN AGUILAR RANGEL

PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

OCTUBRE DE 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



DESARROLLO DE UN PROCESO DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES  
DE PARTES PARA LA ELABORACIÓN DE LÁMPARAS EN EL SECTOR  
AUTOMOTRIZ

POR

EDUARDO RAMÓN AGUILAR RANGEL

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

OCTUBRE DE 2020

---



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis «Desarrollo de un proceso de selección de proveedores de partes para la elaboración de lámparas en el sector automotriz», realizada por el alumno Eduardo Ramón Aguilar Rangel, con número de matrícula 1038547, sea aceptada para su defensa como requisito para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

El Comité de Tesis

Dr. Francisco Treviño Treviño

Asesor

Dra. Edith Lucero Ozuna Espinosa

Revisor

MLCS Blanca Idalia Pérez Pérez

Revisor

Vo. Bo.

Dr. Simón Martínez Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado



097

San Nicolás de los Garza, Nuevo León, noviembre 2020

# ÍNDICE GENERAL

---

<b>Índice de figuras .....</b>	<b>vi</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>viii</b>
<b>Agradecimientos .....</b>	<b>ix</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>x</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción general del problema.....	1
1.2. Situación actual.....	3
1.3. Objetivo.....	5
1.4. Justificación.....	5
1.5. Hipótesis .....	6
1.6. Contenido.....	6
<b>2. Marco teórico .....</b>	<b>8</b>
2.1. Definiciones básicas .....	8
2.2. Antecedentes .....	19
2.3. Sustitución de Importaciones.....	20
2.4. Método AHP Difuso .....	21
2.5. Modelo para la gestión de proveedores utilizado AHP Difuso .....	24
2.6. Evaluación de desempeño.....	31
<b>3. Metodología .....</b>	<b>34</b>
3.1. La Calidad y las Herramientas Estadísticas .....	34
3.2. El desarrollo de las Herramientas de Calidad .....	35
3.3. Las siete herramientas de calidad .....	41
3.4. Método Delphi .....	77
<b>4. Caso de estudio.....</b>	<b>82</b>
4.1. La empresa .....	82
4.2. Situación Actual .....	82
4.3. Evaluación de calidad .....	83
4.4. Declaración del problema .....	88
4.5. Propuesta de Mejora .....	88
4.6. Resultados .....	91
<b>5. Conclusiones .....</b>	<b>89</b>
5.1. Trabajo a futuro .....	89
<b>Bibliografía .....</b>	<b>90</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

FIGURA 1.1: Mapa de la cadena de suministro. Fuente: empresa.....	4
FIGURA 2.1: Funcionamiento de una Cadena de Suministro simple. Fuente: Torres (2015).....	14
FIGURA 2.2: Etapas de una cadena de suministro. Fuente: Poirier (2004). ....	16
FIGURA 2.3: Las cuatro alternativas de abastecimiento de las empresas. Fuente: Cox (2004).....	17
FIGURA 2.4: Matriz de poder empresa - proveedor. Fuente: Cox (2004).....	18
FIGURA 2.5: Representación de números triangulares difusos. Fuente: Kwong (2003). .	22
FIGURA 2.6: Ciclo PHVA para aseguramiento y desarrollo de proveedores. Etapas y resultados esperados para cada una de las etapas. Fuente: Herrera- Umaña, (2005). .	25
FIGURA 2.7: Árbol de la jerarquía para la selección de proveedores. Fuente: Herrera- Umaña (2005). ....	28
FIGURA 3.1: Evolución de la calidad y los sistemas de producción. ....	34
FIGURA 3.2: Las siete herramientas de calidad. ....	38
FIGURA 3.3: Círculo de Calidad. Fuente: López (2016). ....	41
FIGURA 3.5: Hoja de verificación para la recopilación de datos. Fuente: Evans (2008). .	44
FIGURA 3.6: Hoja de verificación para la recopilación de datos. Fuente: Evans (2008). .	45
FIGURA 3.7: Hoja de verificación de localización de defectos. Fuente: Escalante (2006). .	45
FIGURA 3.8: Hoja de verificación para estratificar defectos. Fuente: Escalante (2006). .	46
FIGURA 3.9: Diagrama de Pareto, ejemplo de un componente eléctrico. ....	53
FIGURA 3.10: Diagrama de Pareto del ejemplo de un componente eléctrico con la curva representativa. ....	53
FIGURA 3.11: Datos para generar el diagrama de Pareto. ....	54
FIGURA 3.12: Selección del diagrama de Pareto en Minitab. ....	55
FIGURA 3.13: Selección de datos para la generación del diagrama de Pareto.....	55
FIGURA 3.14: Selección de las líneas de referencia.....	56
FIGURA 3.15: Líneas de referencia para el eje X e Y. ....	56
FIGURA 3.16: Diagrama de Pareto en Minitab. ....	57
FIGURA 3.17: Ejemplo de diagrama de causa y efecto con 4 M's.....	59
FIGURA 3.18: Ejemplo de diagrama de causa y efecto por fases del proceso. ....	60
FIGURA 3.19: Diagrama de causa y efecto por enumeración de las causas. ....	61

FIGURA 3.20: Flecha principal del diagrama de causa-efecto.....	61
FIGURA 3.21: Diagrama de causa-efecto con las causas probables. ....	62
FIGURA 3.22: Diagrama de causa-efecto con ramificaciones menores. ....	63
FIGURA 3.23: Diagrama de causa y efecto con el problema principal del banco. ....	64
FIGURA 3.24: Diagrama de causa efecto con los factores más importantes.....	65
FIGURA 3.25: Diagrama de causa-efecto del tiempo de espera mayor a 60 minutos. ....	61
FIGURA 3.26: Vista parcial de factores para generar el diagrama de causa-efecto.....	62
FIGURA 3.27: Selección en minitab del diagrama de causa-efecto. ....	62
FIGURA 3.28: Selección de factores para la construcción del diagrama. ....	63
FIGURA 3.29: Sub causas del problema. ....	64
FIGURA 3.30: Selección de causas de un subramal.....	64
FIGURA 3.31: Diagrama de causa-efecto en minitab. ....	65
FIGURA 3.32: Curva de distribución normal. ....	67
FIGURA 3.33: Tipos de distribución de un histograma. ....	68
FIGURA 3.34: Gráfica de control de Shewhart. ....	76
FIGURA 4.1: Indicadores de rechazos de calidad de lámparas. Fuente: la empresa. ....	84
FIGURA 4.2: Diagrama de ensamble de la Lámpara LP7. Fuente: la empresa. ....	84
FIGURA 4.3: Diagrama de Pareto. componentes rechazados a proveedor lampara LP7. Fuente: la Empresa. ....	86
FIGURA 4.4: Diagrama de Ishikawa tipo 6M. Rechazos de Lámparas. Fuente: la Empresa. ....	82
FIGURA 4.5: Matriz de evaluación de proveedor. ....	92
FIGURA 4.6: Resultado de la evaluación de la tarjeta electrónica. ....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

---

TABLA 2.1: Representación de números triangulares difusos. Fuente: Herrera-Umaña (2005). .....	23
TABLA 2.2: Matriz de nivel uno de jerarquía. Fuente: Herrera-Umaña (2005). .....	23
TABLA 2.3: Matrices de comparación. Fuente: Herrera-Umaña (2005). .....	29
TABLA 2.4: Matriz de comparación entre subcriterios. Fuente: Herrera-Umaña (2005). .....	30
TABLA 2.5 : Matriz de comparación entre alternativas. Fuente: Herrera-Umaña (2005). .....	30
TABLA 2.6: Vector de prioridades frente a los proveedores. Fuente: Herrera-Umaña (2005). .....	31
TABLA 3.1: Ejemplo de construcción de tabla. ....	49
TABLA 3.2: Hoja de chequeo. Fuente: Arrona (1990).....	50
TABLA 3.3: Defectos observados en el mes de enero. ....	51
TABLA 3.4: Defectos observados en el mes de febrero. ....	52
TABLA 3.5: Frecuencias y porcentaje del mes de enero y febrero. ....	52
TABLA 3.6: Número de intervalos.....	69
TABLA 3.7: Límites de las clases. ....	71
TABLA 3.8: Ejemplo de tabla de distribución de frecuencias. ....	71
TABLA 3.9: Datos del diámetro de pernos. ....	73
TABLA 4.1: Componentes de ensamble de la lámpara LP7. Fuente: la empresa. ....	85
TABLA 4.2: Tabla de encuestados y ponderaciones de criterios. ....	90

## AGRADECIMIENTOS

---

Primeramente, a Dios, por permitirme llegar a esta etapa de mis objetivos académicos. A mi esposa Soo Hyun y a mi hija, que son el motor que me impulsa a seguir superándome cada día. A mis padres por darme la vida. A mi hermana Maria Teresa, que fue una parte muy importante en mi proceso, ya que me apoyó en los momentos más difíciles. En especial, a mi madre y a mi hermana, que, desafortunadamente, fallecieron durante este periodo de maestría. Me hubiera gustado agradecerles en persona, sin embargo, no podrán estar. A ellas les dedico esta tesis.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, por ofrecerme la oportunidad de realizar este posgrado, así como también a todos los catedráticos que fueron parte de mi formación en esta maestría, en especial a mi tutor Dr. Francisco Edmundo Treviño Treviño, y a mis revisores, la Dra. Edith Lucero Ozuna Espinosa y la MLCS Blanca Idalia Pérez Pérez.

A mis compañeros de estudio, que fueron una pieza clave e importante en el desarrollo de aprendizaje, ya que compartimos conocimientos y experiencias que nos ayudaron a prepararnos mejor.

A la compañía en la que trabajo, por permitirme todas las facilidades, información y horarios para mi asistencia y cumplimiento de los programas académicos.

A todos los que, de alguna manera, contribuyeron para que un servidor cumpla esta meta.

Muchas Gracias

감사합니다

Thank you



## RESUMEN

---

Eduardo Ramón Aguilar Rangel.

Candidato para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro con orientación en Diseño y Análisis.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Título del estudio: DESARROLLO DE UN PROCESO DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES DE PARTES PARA LA ELABORACIÓN DE LÁMPARAS EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ.

Número de páginas: 112.

**OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO:** El objetivo de esta investigación fue desarrollar un proceso de evaluación y selección de proveedores, de manera que se optimicen los procesos de calidad para poder disminuir los incumplimientos de pedidos de los clientes, en una empresa de fabricación de autopartes (lámparas) para el sector automotriz. Para ello, se analizaron diferentes herramientas de calidad, y se eligió el Método Delphi para establecer los criterios que permitieron llevar a cabo una matriz de evaluación para su uso en la calificación de un proveedor.

**CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES:** Se concluyó que el proveedor no cumple con los mínimos criterios de calidad exigidos por la empresa, de manera que se propone cambiar de proveedor a uno que cumpla dichos criterios, desarrollados según la matriz de evaluación. Se pretende mejorar la calidad general y reducir los costos logísticos, para lo que se buscará un proveedor localizado dentro de la República Mexicana. Asimismo, se analizará la factibilidad de que la empresa fabrique sus propios componentes para no tener que depender de un proveedor externo.

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

---

### 1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROBLEMA

El presente trabajo de tesis aborda la problemática de una empresa Tier 1<sup>1</sup>, que se dedica a la fabricación de lámparas automotrices para diferentes marcas de automóviles. Los faros automotrices (delanteros, traseros y de señalamiento preventivo) se consideran una parte fundamental del sistema de seguridad en un vehículo, por lo que la producción de estas partes con la mejor calidad se vuelve esencial para la seguridad de las personas.

El alumbrado del vehículo es un sistema esencial para su seguridad, ya que gracias a la iluminación es posible circular en situaciones de baja visibilidad, sin dejar de emitir información sobre la dirección o velocidad (Jiménez, 2018). Podemos encontrar los siguientes tipos de iluminación:

- **Faros y luces auxiliares de iluminación delantera.** a) Faros de largo y corto alcance, para ver el camino con nitidez e identificar la posición del vehículo; b) faros antiniebla para mayor visibilidad ante condiciones climáticas adversas.
- **Faros frontales, laterales y traseros de señalización.** a) Luces de posición para prevenir accidentes, ayudar a ser vistos y ayudar al estacionamiento; b) faros intermitentes para indicar movimientos; c) luces de emergencia para señalar una situación que impida circular con normalidad; d) luz de marcha atrás, de

---

<sup>1</sup> Las empresas Tier 1 son las empresas más importantes de una cadena de suministro, suministrando componentes directamente al OEM (Original Equipment Manufacturer) que creó la cadena.

advertencia del movimiento hacia la dirección opuesta; e) luz de freno; f) luz antiniebla trasera.

- Luz interior de cortesía y otros dispositivos lumínicos (Jiménez, s.f.).

Lo anterior nos deja clara la importancia de que un vehículo cuente con lámparas adecuadas y de calidad. La empresa objeto de esta tesis está ubicada en Monterrey (Nuevo León, México) y se encarga de proveer lámparas a las armadoras de México y Estados Unidos. Tiene varias plantas en diferentes países de América del Sur, América del Norte, Asia, África y Europa, por lo que muchos de sus componentes para la fabricación de sus productos son abastecidos por proveedores que operan a nivel global.

Sin embargo, está presentando problemas de incumplimiento de pedidos para sus clientes, por lo que la alta dirección está solicitando tomar acciones inmediatas que solucionen de raíz este problema. Una de las razones más apremiantes es que uno de sus principales clientes (que representa el 40 % de sus ventas totales) ha amenazado con terminar la relación comercial, y, de continuar así, esta situación podría empeorar.

Los incumplimientos en las entregas están causando pérdidas por costos de fletes expeditados, pagos por penalización en paros de línea, y costos de retrabajos. En el sector automotriz el cumplimiento en las entregas es de suma importancia, ya que los costos por penalizaciones son muy altos, pudiendo llegar a los 5000 dólares por minuto de paro (Morones, 2011). Además, la competencia entre las empresas cada vez es más grande; esto hace que el mercado obligue a las empresas a estar a la vanguardia para tener el nivel necesario.

La empresa se esfuerza en la mejora continua, realizando auditorías de calidad en sus procesos, sin embargo, se ha detectado que algunos de estos procesos no se encuentran al nivel de calidad esperado. Es por esto que se

requiere tomar acciones inmediatas, que ayuden a detectar qué procesos son los que hay que mejorar de manera urgente.

## 1.2. SITUACIÓN ACTUAL

En este apartado se hablará sobre la situación actual de la empresa ubicada en Apodaca (Nuevo León, México), que se estableció en el año 2012 con el nombre actual. Por motivos de confidencialidad, omitiremos mencionar el nombre, aunque es necesario mencionar que la empresa tiene más de un siglo de experiencia en iluminación exterior. La compañía se mantiene en crecimiento, ya que en 2016 tenía cuatro plantas alrededor del mundo, mientras que en la actualidad cuenta con dieciséis plantas a nivel global, en cuatro continentes.

La línea de negocio de la empresa son los sistemas de iluminación para la industria automotriz, también llamados *Head Lamps*, *Rear Lamps* (Lámparas delanteras y traseras, respectivamente). La inclusión de estos componentes no solo es un requerimiento legal que debe llevar el vehículo para que el conductor pueda ver de noche: en la actualidad, son parte esencial e integral del diseño del vehículo, ya que, además de brindar seguridad, también agregan estética.

La empresa fabrica diversos sistemas de iluminación según los requerimientos de los clientes. Se mantiene continuamente en colaboración con sus clientes, para ofrecer nuevas alternativas y tecnologías en sus productos. Los productos más demandados en el mercado son las lámparas con tecnología LED, aunque la empresa también ofrece dentro de sus catálogos lámparas con tecnología láser.

La empresa tiene como Visión ser un proveedor con un capital de 2 billones de euros, con innovadoras soluciones de iluminación para automóviles y 2 ruedas en todo el mundo, para el año 2022. Su Misión es crear tecnología de vanguardia para el principal mercado, con soluciones competitivas en cuanto a costo y calidad. Sus valores se basan en la sinceridad, la humildad, la integridad, la pasión y el auto-disciplina.

La empresa no está dentro los mejores fabricantes de lámparas automotrices del mundo, sin embargo, está en la búsqueda de posicionarse de una mejor manera en el mercado. Actualmente cuenta con una base de proveedores a nivel global, los cuales se localizan en Norteamérica, Europa y Asia. En la figura 2.1. se muestra el mapa de la cadena de suministro para la fabricación de sus productos.

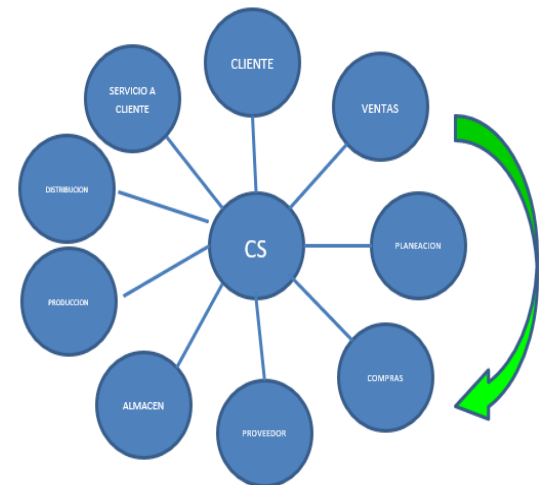
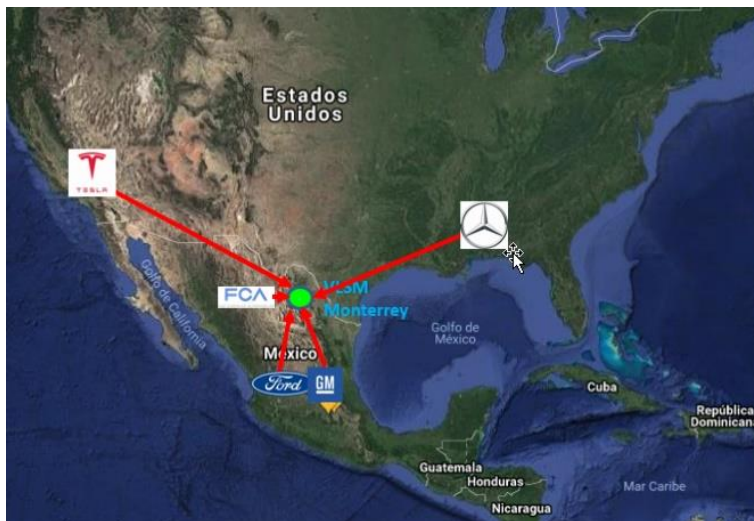


FIGURA 1.1: Mapa de la cadena de suministro. Fuente: empresa.

La compañía está presentando problemas de calidad en cuanto a los componentes utilizados para la fabricación de las lámparas automotrices, y estos problemas, a su vez, están generando otros de desabasto en sus líneas de producción, demoras con las entregas del producto final a sus clientes, así como también rechazos de calidad, y mala reputación con sus clientes.

### 1.3. OBJETIVO

El objetivo de esta investigación es desarrollar un proceso de evaluación y selección de proveedores que ofrezca mejores filtros para la compañía, con la finalidad del aseguramiento de la calidad y el servicio en la fabricación de autopartes.

### 1.4. JUSTIFICACIÓN

Encontrando un proceso que permita evaluar y seleccionar proveedores con la finalidad del aseguramiento de la calidad y el servicio, obtendremos los resultados que la directiva espera.

La empresa está interesada en monitorear el buen desempeño de sus proveedores, por lo que una correcta evaluación del desempeño se vuelve muy importante para la toma de decisiones. Para ello, es esencial tener claros los puntos a evaluar para cada proveedor.

La tarea de la selección de proveedores siempre se ha considerado clave para la gestión de compras, y la elección del proveedor tiene un impacto significativo en la optimización de la calidad, tiempo de entrega y precio de los bienes adquiridos (Luo, 2009).

Luthra (2009) construyó un marco de criterios para esta selección, que incluyen: a) el precio entrega, b) la calidad del producto, c) el tiempo de entrega, d) la flexibilidad, e) el tiempo y costo del transporte, f) los sistemas de gestión del medio ambiente con que cuente la empresa, g) la entrega y servicio de productos, h) la gestión de color verde, i) la divulgación de información y otros.

Es importante resolver el problema de desabasto desde la perspectiva de una cadena de suministro, ya que la disponibilidad del producto refleja la capacidad de una empresa para satisfacer un pedido de un cliente, aunque no tenga el inventario disponible (Chopra -Meindl, 2013). Si el pedido de un cliente llega pero el producto no se encuentra disponible, estamos ante una falta de existencias.

Hay varios ejemplos de autores que han empleado diferentes tipos de evaluación de proveedores. Estas experiencias marcan antecedentes en los cuales nos basamos para proponer que esta solución podría ser también válida para la empresa de estudio.

## 1.5. HIPÓTESIS

El objetivo de esta investigación es desarrollar un proceso de evaluación y selección de proveedores. Se espera que los proveedores seleccionados con base en este proceso, disminuyan los incumplimientos de pedidos y cumplan con ciertos criterios de calidad. Por lo tanto, la hipótesis a comprobar sería:

- El proveedor propuesto cumple los criterios de calidad que se establecen en el sistema de evaluación, para mejorar el cumplimiento del abastecimiento de órdenes de los clientes.

Dichos criterios que se detallan en el capítulo 5, de manera que, por debajo de cierta puntuación, el proveedor no se considera adecuado.

## 1.6. CONTENIDO

La tesis que se presenta aquí se estructura de la siguiente manera:

En el primer capítulo se muestra una descripción del problema en general, así como la situación actual del problema y el objetivo de la investigación, que incluye la justificación del problema y la hipótesis con la que se trabajó en este caso de estudio.

En el segundo capítulo se explora el marco teórico, haciendo una revisión de la literatura que nos permita saber cómo se han resuelto problemáticas similares en otras ocasiones, y qué herramientas se podrían seleccionar para el caso de estudio tratado en esta tesis.

En el tercer capítulo se explica la metodología seleccionada para llegar a la selección de la herramienta propuesta para resolver la problemática ya mencionada.

En el cuarto capítulo se realiza la experimentación con la herramienta propuesta.

En el quinto capítulo se menciona como se aplicó el uso de dicha herramienta en relación con los datos reales de la empresa de estudio.

En el sexto capítulo se mencionan las conclusiones, aportaciones y sugerencias.



## CAPÍTULO 2

### 2. MARCO TEÓRICO

---

#### 2.1. DEFINICIONES BÁSICAS

##### 2.1.1. DEFINICIÓN DE LOGÍSTICA

En este capítulo se mencionan las generalidades acerca del concepto de logística, y cómo evoluciona para aplicarse en la cadena de suministro.

La logística juega un papel importante en nuestra vida diaria, al grado de que podemos verlo en nuestro entorno: todo lo que está a nuestro alrededor ha pasado por un proceso logístico. La historia dice que las antiguas civilizaciones muestran ejemplos de cómo la logística contribuía a su forma de vida.

El ingeniero francés Jules Dupuit fue el primero que habló del término “logística” en 1844, al mencionar la idea de comerciar un costo por otro (costos de transporte por costos de almacenamiento), la cual era evidente cuando había que seleccionar entre el transporte terrestre y el acuático, basado en criterios de costos (Soret de los Santos, 1994). Por ello, se entiende la importancia de considerar los costos de transporte e inventario.

De acuerdo con Soret los Santos (1994), se define la logística como «el conjunto de conocimientos y actitudes que prestan apoyo al desarrollo más conveniente de la actividad empresarial, encaminados a disminuir costos innecesarios o actividades sin valor añadido».

De acuerdo con el Merriam-Webster's Dictionary (2006), la logística es «la rama de la ciencia militar relacionada con procurar, mantener y transportar material, personal e instalaciones».

Coyle, Bardi y Langley (2002) mencionan la distribución física como el manejo de un conjunto de actividades interrelacionadas, incluyendo: transporte, distribución, almacenamiento, productos terminados, niveles de inventarios y manejo de materiales, para asegurar la eficiencia en la entrega a los consumidores de los productos terminados.

El Consejo de Dirección Logística (CLM, por sus siglas en inglés), formado en 1962, habla de la logística de la siguiente manera (CEUPE, s.f.):

La logística es la parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes.

Los primeros libros dedicados a la logística empezaron a aparecer a principios de los años sesenta.

#### 2.1.2. DESARROLLO DE LA LOGÍSTICA

En el pasado, el poco desarrollo que existía en el campo de la logística, limitaba el movimiento de los bienes de consumo. Esto hacía que las personas tuvieran que vivir cerca de los puntos de producción, y solo algunos productos estaban al alcance para el consumo. Con el paso del tiempo, se mejoraron los

sistemas de logística, lo cual mejoró los costos, y con ello se generó una ventaja competitiva (Ballou, 2004).

De acuerdo con Ballou (2004), en el momento en los productores se volvieron más competitivos, se generó un exceso en la producción misma, que se pudo transportar a otras zonas geográficas de manera económica. Así, los bienes que no se producían localmente se importaban, y de esta manera surgieron los inicios del comercio internacional.

Según Lambert, Stock y Ellram (1998), la logística consiste en lidiar con la administración del flujo de los bienes o materiales desde un punto de origen hasta un punto de consumo y, en algunos casos, hasta un punto de depósito de desechos. De acuerdo a Soret de los Santos (1994), las actividades clave en la logística son las siguientes:

- Localización
- Gestión de existencias (almacenaje y manutención)
- Transporte
- Distribución
- Aprovisionamiento
- Producción

### 2.1.3. CANALES DE DISTRIBUCIÓN

El “canal de distribución” es la ruta seguida por el producto que se va a distribuir, desde el lugar de producción o almacenaje, hasta el consumidor final (Díez de Castro, 1997).

De acuerdo con Thompson (2017), existen varios tipos de canales de distribución, que se clasifican en dos tipos, y estos a su vez se diferencian según los niveles del canal, de la siguiente manera:

1. Canales para productos de consumo.
  - a) Canal directo o Canal 1. El producto va desde el productor o fabricante hasta los consumidores directamente.
  - b) Canal detallista o Canal 2. El producto va desde el productor o fabricante a los detallistas, y de estos a los consumidores.
  - c) Canal mayorista o Canal 3. El producto va desde el productor o fabricante a los mayoristas, de estos a los detallistas y de estos a los consumidores.
  - d) Canal agente intermediario o Canal 4. El producto va desde el productor o fabricante a los agentes intermediarios, de estos a los mayoristas, de estos a los detallistas y de estos a los consumidores.
2. Canales para productos industriales o de negocio a negocio.
  - a) Canal directo o Canal 1. El producto va desde el productor o fabricante al usuario industrial.
  - b) Distribuidor industrial o Canal 2. El producto va desde el productor o fabricante a distribuidores industriales y de este al usuario industrial.
  - c) Canal agente intermediario o Canal 3. El producto va desde el productor o fabricante a los agentes intermediarios y de estos a los usuarios industriales.
  - d) Canal agente intermediario distribuidor industrial o Canal 4. El producto va desde el productor o fabricante a los agentes intermediarios, de estos a los distribuidores industriales y de estos a los usuarios industriales.

En esta tesis se analizará el caso de estudio considerando que el canal con el que trabaja la empresa es el canal para productos industriales o de

negocio a negocio: canal directo del productor o fabricante al usuario industrial.

#### 2.1.4. ALMACENES

Las empresas utilizan depósitos para salvaguardar los productos y existen diferentes tipos de ellos. De acuerdo con Martin (1992), los almacenes, de acuerdo con el tipo de mercancía, pueden ser:

- De productos deteriorables rápidamente.
- De paquetería.
- Frigoríficos.
- De propósito general.

Soret de los Santos (1994) menciona que los almacenes normalmente se ubican en las siguientes zonas o áreas:

- Muelles de recepción.
- Recepción de mercancía.
- Zona de almacenamiento.
- Expedición (control de salidas y preparación de envíos).
- Muelles de expedición.

La distribución de las zonas tendrá que darse a través de un minucioso estudio de las mercancías que se planean almacenar, así como una red interna para hacer el almacén lo más eficientemente posible (Coyle *et al.*, 2002).

### 2.1.5. COSTOS LOGÍSTICOS

Castillo (2012) define como “costo logístico” a la suma de todos los costos involucrados cuando se mueven y se almacenan materiales y productos, desde los proveedores hasta los clientes.

Soret de los Santos (1994) menciona que los costos logísticos siempre se deben tomar en cuenta, y son aquellos que se mencionan a continuación:

- Costos de mantenimiento: también llamados costos de almacenaje o de infraestructura. Son, por lo general, costos fijos.
- Costos de reaprovisionamiento: llamado también costo de emisión de pedidos. Incluye los costos de personal, de administración, financieros, de material de oficina, de amortización de material de oficina y gastos varios (teléfono, fax, luz). Especialmente, la amortización de equipos informáticos, hardware, etc., es muy importante y necesaria para las exigencias del *e-commerce*.
- Costos de ruptura de demanda insatisfecha: costos originados por no poder satisfacer la demanda de los clientes.
- Costos de manutención: son aquellos que se refieren a la actividad física del almacén, por lo general son costos de capital (amortizaciones, mantenimiento, personal, financieros, etc.)
- Costos de adquisición: es el valor de productos en almacén.

Viendo lo anterior, podemos reconocer la importancia de tomar en cuenta estos costos, ya que normalmente las empresas solo revisan los costos que están a la vista.

Según Morton (1996), la logística es clave, ya que contribuye a la mejora del servicio al cliente. Una buena logística puede ayudar a que la entrega de mercancías se garantice de acuerdo a los plazos establecidos, e incluso haciendo esas entregas más cortas, ofreciendo servicios de valor añadido.

### 2.1.6. DEFINICIÓN DE CADENA DE SUMINISTRO

El concepto de cadena de suministros es «el conjunto de empresas integradas por proveedores, fabricantes, distribuidores y vendedores (mayoristas o detallistas), coordinados eficientemente por medio de relaciones de colaboración en sus procesos clave; para colocar los requerimientos de insumos o productos en cada eslabón de la cadena, en el tiempo preciso, al menor costo, buscando el mayor impacto en la cadena de valor de los integrantes y con el propósito de satisfacer los requerimientos de los consumidores finales» (Jiménez-Sánchez, 2002).

En la figura 2.1 se presenta de manera simple el funcionamiento completo de la Cadena de Suministro, desde su inicio con los proveedores hasta llegar al cliente final, así como los distintos tipos de logística que se deben de emplear de acuerdo con el punto en el que nos encontremos en la cadena.

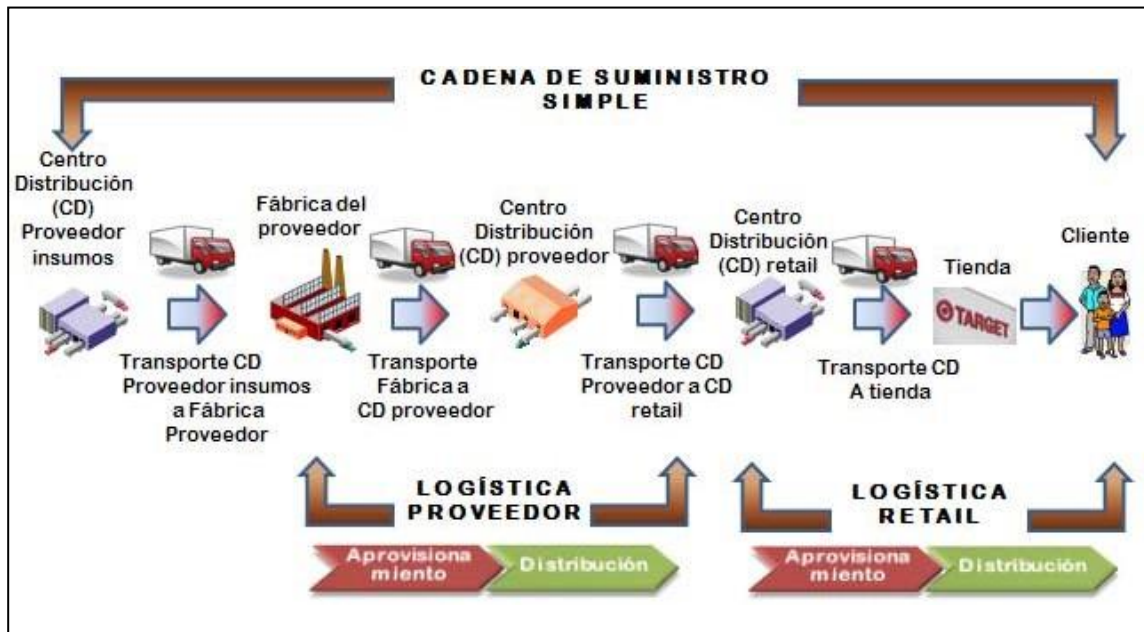


FIGURA 2.1: Funcionamiento de una Cadena de Suministro simple. Fuente: Torres-Mendoza y Hernández-García (2015).

#### 2.1.7. CARACTERÍSTICAS DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Torres-Mendoza y Hernández-García (2015) mencionan que, desde un punto de vista operativo, se tienen que considerar tres actividades básicas para la operación de un almacén y centro de distribución, que son:

- El recibo de mercancías.
- El acomodo correspondiente dentro del almacén.
- El surtimiento a clientes.

Es importante mencionar que, para poder tener una idea de la flexibilidad de nuestra cadena de suministro, una vez que se tiene la demanda del cliente necesitamos estimar el abastecimiento requerido, para tener un tiempo de reacción a los cambios que existan en la demanda. Debemos tomar en cuenta los tiempos de entrega de los proveedores y satisfacer al cliente, satisfacer la cantidad de producto en el almacén y satisfacer el tránsito de pedidos anteriores.

#### 2.1.8. ETAPAS DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Según Poirier (2004), «la cadena de suministro ha tenido una evolución en los últimos 10 años. Dicha evolución comienza con una etapa en la que solo se requiere que la empresa funcione, y termina cuando la empresa, después de conseguir una operación interna eficiente, logra la colaboración con sus proveedores».

En la figura 2.2. se pueden visualizar las etapas de la cadena según Poirier (2004). En ella se describe de manera resumida qué ocurre en cada una de ellas, lo cual es importante para tomar en cuenta cómo podemos reaccionar en cada una de ellas.



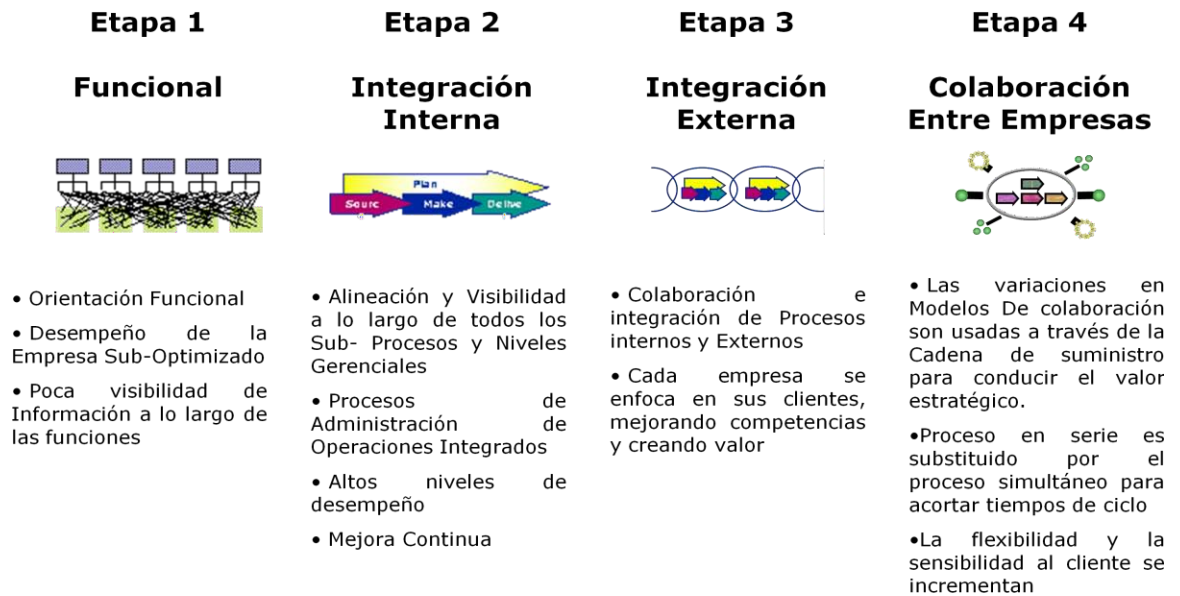


FIGURA 2.2: Etapas de una cadena de suministro. Fuente: Poirier (2004).

#### 2.1.9. GESTIÓN DE PROVEEDORES

Lambert (1998) define la gestión de las relaciones con proveedores como el proceso que define la forma en que una empresa interactúa con sus proveedores. Las empresas deben, obligatoriamente, interactuar con sus proveedores, si esta interacción se da con el fin de establecer mejores lazos, el resultado puede llegar a ser positivo.

Lambert y Schwieterman (2012) definen la gestión de proveedores como el proceso de negocio que proporciona la estructura para desarrollar y mantener las relaciones de negocio con los proveedores e incrementar el valor de los accionistas.

Según Cox (2004), existen cuatro enfoques básicos de abastecimiento disponibles para las empresas en las relaciones con sus proveedores: selección de proveedores, desarrollo de proveedores, abastecimiento de cadena de

suministro y gestión de cadena de suministro. Estos enfoques se muestran en la figura 2.3.

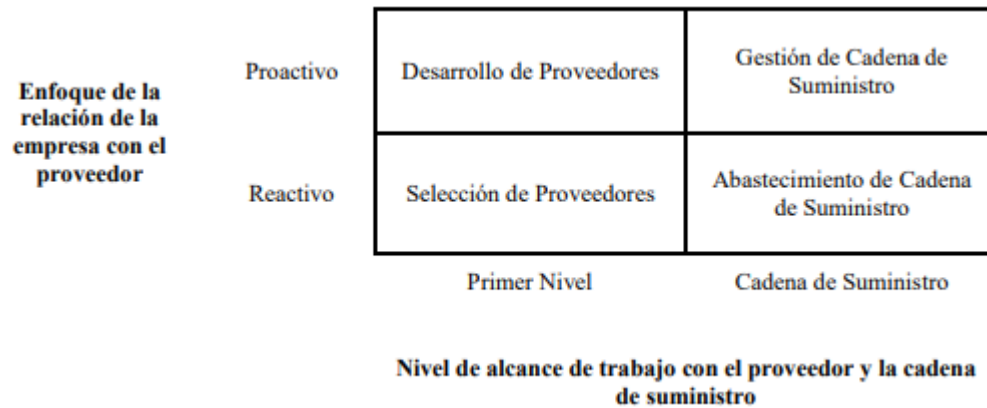


FIGURA 2.3: Las cuatro alternativas de abastecimiento de las empresas.  
Fuente: Cox (2004).

Según Cox (2004), bajo el enfoque de selección de proveedores, las relaciones de abastecimiento que las empresas tienen con sus proveedores están basadas en contratos de corto plazo. El rol esencial de la empresa es seleccionar, de entre muchos proveedores disponibles, aquel que le ofrezca la propuesta con el mejor balance entre funcionalidad y costo. La empresa mantiene una relación estrictamente contractual, no colaborativa y reactiva con sus proveedores; solo solicita especificaciones básicas, requerimientos de volumen y plazos de entrega a los proveedores, pero no participa en el desarrollo de sus competencias operativas y comerciales. Por esa razón, las empresas viven una relación de competencia, y no de colaboración, con sus proveedores.

Los enfoques de abastecimiento de desarrollo de proveedores y de gestión de cadena de suministro solo son posibles cuando existe dominio de la empresa e interdependencia. Las empresas raramente participan en cadenas de suministro con situaciones de poder extendidas de dominio de la empresa o interdependencia (Cox, 2004).

Este hecho explicaría por qué la mayoría de las empresas no han estado (y difícilmente estarán) en la posición de implementar enfoques de abastecimiento proactivos.

En la figura 2.4 se muestra la matriz del poder empresa-proveedor.

<b>Poder de la empresa respecto al proveedor</b>	Alto	Dominio de la Empresa	Interdependencia
	Bajo	Independencia	Dominio del Proveedor
		Bajo	Alto
		<b>Poder del proveedor respecto a la empresa</b>	

FIGURA 2.4: Matriz de poder empresa - proveedor. Fuente: Cox (2004).

#### 2.1.10. DESARROLLO DE PROVEEDORES

Según Krause y Ellram (1997), actualmente las organizaciones se concentran en su negocio principal, y dependen, de manera creciente, del desempeño de sus proveedores para poder competir en sus respectivos mercados. Por eso, las empresas deben asegurar que las capacidades de sus proveedores sean al menos similares a las de los proveedores de sus competidores. Por ello, deben implementar prácticas de desarrollo de proveedores para poder mejorar estas capacidades y desempeño.

El desarrollo de proveedores se define como “cualquier esfuerzo de una empresa con un proveedor para mejorar su desempeño y/o capacidades y satisfacer las necesidades de abastecimiento de corto y/o largo plazo de la empresa” (Krause y Ellram, 1997, p.39). El desarrollo de proveedores ha sido utilizado por las empresas como una forma de competir a nivel mundial (Marksberry, 2012).

La actuación del proveedor es a menudo vista como uno de los principales factores para mejorar una ventaja competitiva entre organizaciones (Lemke *et al.*, 2003). El desarrollo de proveedores utilizado por primera vez por Leenders (1966) en una tesis doctoral, para describir los esfuerzos de los fabricantes para aumentar el número de proveedores viables y para mejorar el rendimiento de los proveedores. Es una forma de transferir y replicar en el local la capacidad de una organización para mejorar el rendimiento del proveedor (Sako, 2004; Knemeyer *et al.*, 2008).

En los términos más tradicionales, el desarrollo de proveedores intenta calificar, integrar y mejorar la capacidad del proveedor.

Establecer mejores métodos para desarrollar proveedores se vuelve muy relevante hoy en día, ya que el mercado es más competitivo con el paso del tiempo, y esto obliga a la empresa a buscar mejores costos. Como consecuencia, cada empresa requiere soporte de sus proveedores para mejorar sus procesos.

## 2.2. ANTECEDENTES

### 2.2.1. EVALUACIÓN DE PROVEEDORES

Sarache, Hoyos-Montoya y Burbano (2004) elaboraron un procedimiento para la evaluación de proveedores mediante técnicas multicriterio, en el cual explican los pasos a seguir para definir los criterios cuantitativos de la evaluación y calcular el peso en ponderación que tendrá cada criterio.

Herrera-Umaña y Osorio-Gómez (2006) realizaron un modelo para la gestión de proveedores utilizando AHP difuso, el cual contempla definir

criterios cualitativos y cuantitativos. Estos criterios también se pueden combinar para obtener un resultado más cercano a lo que queremos evaluar.

Ortiz *et al.* (2018) elaboraron una evaluación a una empresa aplicando un método de evaluación por intervalos. En ella se seleccionan los criterios a evaluar, tales como: Calidad, Cumplimiento en el tiempo de entrega, Flexibilidad, Faltantes de entrega, Precios, Cumplimiento de las obligaciones Contractuales y garantías.

Dickson (1966) identificó 23 criterios diferentes: calidad, entrega, historial de rendimiento, garantías y reclamaciones políticas, instalaciones de producción y la capacidad, precio, capacidad técnica, financiera posición, cumplimiento de los procedimientos, sistema de comunicación, la reputación y la posición en la industria, el deseo de negocio, gestión y organización, controles operativos, servicio de reparación, la actitud, la impresión, la capacidad de empaque, Trabajo registro de las relaciones, la ubicación geográfica, la cantidad de negocios pasada, ayudas de formación y arreglos recíproco.

### 2.3. SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES

Según Ershova y Ershov (2016), la condición más importante de la sustitución de importaciones es la capacidad de proporcionar la calidad y el reconocimiento de análogos nacionales en los mercados extranjeros. Al mismo tiempo, cabe señalar que existen diferencias en la percepción del nivel de calidad en términos geográficos. Hay que considerar el nivel de calidad que sea aceptable para el consumo y los consumidores domésticos. Lo que me parece importante señalar es que, si se toma la decisión de realizar un cambio

hacia un nuevo proveedor, este debe de cumplir con las mismas capacidades de calidad y servicio, así como con precios competitivos.

Semenov (2018) menciona cómo la sustitución de importaciones influyó en las empresas de Tecnologías de Información en Rusia, para desarrollar nuevos productos que sustituyeran a los que se importaban, ya que estos tenían un mayor costo.

## 2.4. MÉTODO AHP DIFUSO

Los seres humanos pueden ser imprecisos o subjetivos a la hora de emitir un juicio, y existen múltiples criterios para llevar a cabo una evaluación. Para evitar esto, se puede recurrir al Análisis Jerárquico de Procesos Difuso, que es una combinación del Análisis Jerárquico de Procesos (AHP) con lógica difusa (*Fuzzy Logic*).

Para poder tomar decisiones, los juicios que se emiten con respecto a las alternativas y criterios pueden ser convertidos en “números difusos”, para calcular la importancia de los pesos usando el AHP. Estos números son usados para construir la matriz de comparación por pares del AHP (Herrera-Umaña, 2005). A partir de aquí, reproduciremos el trabajo de Herrera-Umaña y Osorio-Gómez (2006), en el cual se explica la metodología del AHP difuso.

En el AHP convencional, la comparación por pares se hace mediante una escala de nueve puntos, que representa los juicios o preferencias de quienes toman decisiones eligiendo entre diferentes opciones. Aunque esta escala discreta de uno a nueve es simple y fácil de usar, no tiene en cuenta la incertidumbre asociada a los juicios humanos. Los pasos a seguir son los siguientes:

**Paso 1:** Desarrollo de la estructura jerárquica para los criterios y alternativas: se debe construir un esquema de árbol que resuma las interrelaciones entre los componentes del problema que se quiere resolver.

**Paso 2:** Representación difusa de los juicios, en una comparación por pares para criterios de evaluación y alternativas. Una vez que se construye la jerarquía, se debe hacer la conversión de la escala de Saaty en una escala de números triangulares difusos, de acuerdo con la tabla 2.1. Los números triangulares M1, M3, M5, M7 y M9 son usados para representar los juicios, desde “igual” hasta “extremadamente preferido” o importante, y M2, M4, M6 y M8 representan los valores intermedios. La figura 2.5 muestra el número triangular  $M_t = (l_t, m_t, u_t)$  donde  $t = 1, 2 \dots 9$  y donde  $m_t$  es el valor medio del número difuso; y  $l_t$  y  $u_t$  son el valor más bajo y más alto, respectivamente.  $\delta$  es usado para representar un grado difuso del juicio donde:

$$u_t - m_t = m_t - l_t = \delta.$$

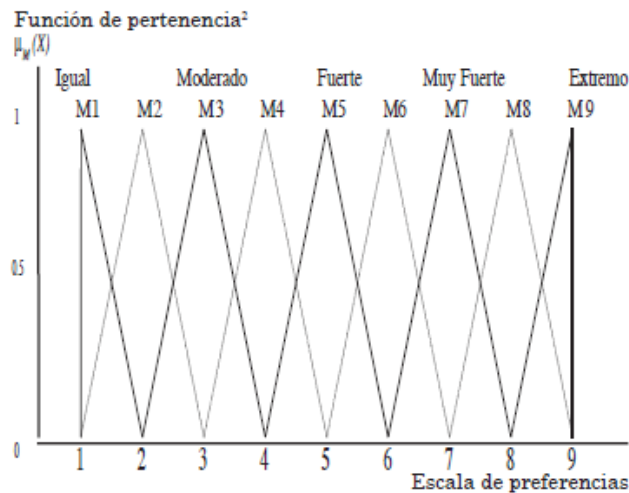


FIGURA 2.5: Representación de números triangulares difusos. Fuente: Kwong (2003).

Un mayor valor de  $\delta$  implica un mayor grado difuso del juicio. Cuando  $\delta=0$ , el juicio no es un número difuso. Este valor, por lo regular, debe ser mayor o igual a  $\frac{1}{2}$ . Para la representación de la escala difusa de este artículo, el valor de  $\delta$  es igual a uno ( $\delta=1$ ), por efectos prácticos.

TABLA 2.1: Representación de números triangulares difusos. Fuente: Herrera-Umaña y Osorio-Gómez (2006).

Escala Saaty	Escala Difusa	Representación	Escala Verbal	Interpretación
1	(1,1,2)	M1	Igual importancia de ambos elementos	Los dos elementos contribuyen de igual forma al objetivo.
3	(2,3,4)	M3	Moderada importancia de un elemento sobre otro	La experiencia y el juicio favorecen levemente a un elemento sobre el otro.
5	(4,5,6)	M5	Fuerte importancia de un elemento sobre el otro.	Uno de los elementos es fuertemente favorecido
7	(6,7,8)	M7	Muy fuerte importancia de un elemento sobre el otro.	Uno de los elementos es fuertemente dominante
9	(8,9,9)	M9	Extrema importancia de un elemento sobre el otro.	La evidencia que favorece a uno de los elementos es del mayor orden de afirmación.
2,4,6,8	(1,2,3), (3,4,5), (5,6,7), (7,8,9)	M2,M4,M6,M8	Valores intermedios	Usados para juicios intermedios

**Paso 3:** Construcción de las matrices de juicio difuso para el AHP.

TABLA 2.2: Matriz de nivel uno de jerarquía. Fuente: Herrera-Umaña y Osorio-Gómez (2006).

Meta	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4
Criterio 1	$a_{11}=(1,1,1)$	$a_{12}=(\text{comparación entre el criterio 1 y 2})$	$a_{13}=(\text{comparación entre el 1 y 3})$	$a_{14}=(\text{comparación entre el criterio 1 y 4})$
Criterio 2	$a_{21}=\text{Inverso de } a_{12}$	$a_{22}=(1,1,1)$	$a_{23}=(\text{comparación entre el 2 y 3})$	$a_{24}=(\text{comparación entre el criterio 2 y 4})$
Criterio 3	$a_{31}=\text{Inverso de } a_{13}$	$a_{32}=\text{Inverso de } a_{23}$	$a_{33}=(1,1,1)$	$a_{34}=(\text{comparación entre el criterio 3 y 4})$
Criterio 4	$a_{41}=\text{Inverso de } a_{14}$	$a_{42}=\text{Inverso de } a_{24}$	$a_{43}=\text{Inverso de } a_{34}$	$a_{44}=(1,1,1)$



Un valor difuso no asume valores de pertenencia absolutos (0, 1), sino que considera un valor  $X$  entre 0 y 1 denominado “función de pertenencia”  $\mu_M(x)$ . Esto significa que la situación puede tomar cualquier valor del intervalo cerrado  $[0,1]$ . En la lógica difusa no se habla solamente de “blanco o negro”, existen valores entre estos dos.

**Paso 4:** Operaciones matemáticas. Una vez que obtenidas las matrices de comparación por pares, se realizarán los cálculos para el desarrollo de la metodología. Estos consisten en el cálculo del índice de consistencia y el cálculo de los vectores de peso, para cada nivel de la jerarquía, mediante el análisis extendido y los principios de comparación de números difusos. Kwong (2003) realiza el desarrollo matemático que permite alcanzar estos resultados.

## 2.5. MODELO PARA LA GESTIÓN DE PROVEEDORES UTILIZANDO AHP DIFUSO

El modelo planteado por Herrera – Umaña y Osorio – Gómez (2006) involucra las etapas que se enmarcan en el ciclo PHVA, tal como se muestra en la figura 2.6.



FIGURA 2.6: Ciclo PHVA para aseguramiento y desarrollo de proveedores.

Etapas y resultados esperados para cada una de las etapas. Fuente:

Herrera-Umaña y Osorio-Gómez (2006).

Los autores definen una serie de etapas para lograr escoger al mejor proveedor, en el caso de existir varias alternativas.

### **Planear**

- Selección de proveedores.
- Definición de características a medir de los productos ofrecidos por el proveedor.

### **Hacer**

- Evaluación del sistema de gestión de calidad del proveedor.
- Evaluación del desempeño del proveedor.

### **Verificar**

- Seguimiento a los planes de acción derivados de las evaluaciones.

### **Actuar**

- Administración de la información del proveedor y toma de decisiones.

En resumen, para la evaluación hay que tener en cuenta:

- Tener definidas claramente las especificaciones y características de calidad que el proveedor debe ofrecer con sus productos y servicios.
- Realizar un diagnóstico del sistema de gestión de calidad del proveedor, que le permita a la empresa cliente hacer un seguimiento a la mejora del mismo.
- Evaluar el cumplimiento del proveedor de las especificaciones y características de calidad pactadas al inicio de la negociación.
- Decidir certificar un proveedor o terminar negociaciones con él evaluando desempeño y compromiso con la mejora de su sistema.

A continuación, se desarrollan estas actividades, enfatizando en aquellas que utilizan el “AHP fuzzy” como soporte a la gestión.

### *Selección de proveedores*

El objetivo es seleccionar el mejor proveedor de un grupo que suministre el mismo producto o servicio, mediante una toma de decisiones multi criterio. Se tiene en cuenta que puede existir un grado de subjetividad de los juicios emitidos, y el objetivo es facilitar el manejo de diferentes criterios.

*Criterios de Selección.* La aplicación de la metodología AHP difuso debe estar soportada por un estándar de criterios que permita al grupo decisor hacer las comparaciones requeridas por la metodología, para la valoración de los siguientes criterios:

- ✓ Criterio de situación de la empresa.
- ✓ Criterio de desempeño de producto.
- ✓ Criterio de desempeño de servicio.
- ✓ Criterio de costo.

En este sentido, la metodología es muy flexible y permite tomar como referencia tantos criterios como se consideren necesarios para garantizar una buena decisión. A su vez, los criterios se pueden dividir en elementos que faciliten el análisis. Algunos de ellos son:

**Criterio de situación de la empresa.** Se emplea para evaluar si el proveedor tiene bien establecida su estrategia de suministro y de tecnología. Mide aspectos del negocio del proveedor como:

- Estabilidad financiera.
- Capacidad administrativa.
- Habilidad técnica.
- Recurso de soporte.
- Sistema de calidad.
- Flexibilidad.
- Innovación.
- Globalización y localización.

De esta misma manera, la metodología se puede aplicar para los demás criterios que se definan.

### *Jerarquía*

Después de la definición de criterios y sus elementos, el siguiente paso es la estructuración de una jerarquía que contenga una meta, criterios y

subcriterios de selección y alternativas mediante las cuales se construye el árbol de jerarquía.

En la figura 2.7 se muestra el árbol jerárquico para la selección de proveedores. Con base en esta jerarquía se procede a construir las matrices de comparación por pares para cada nivel.

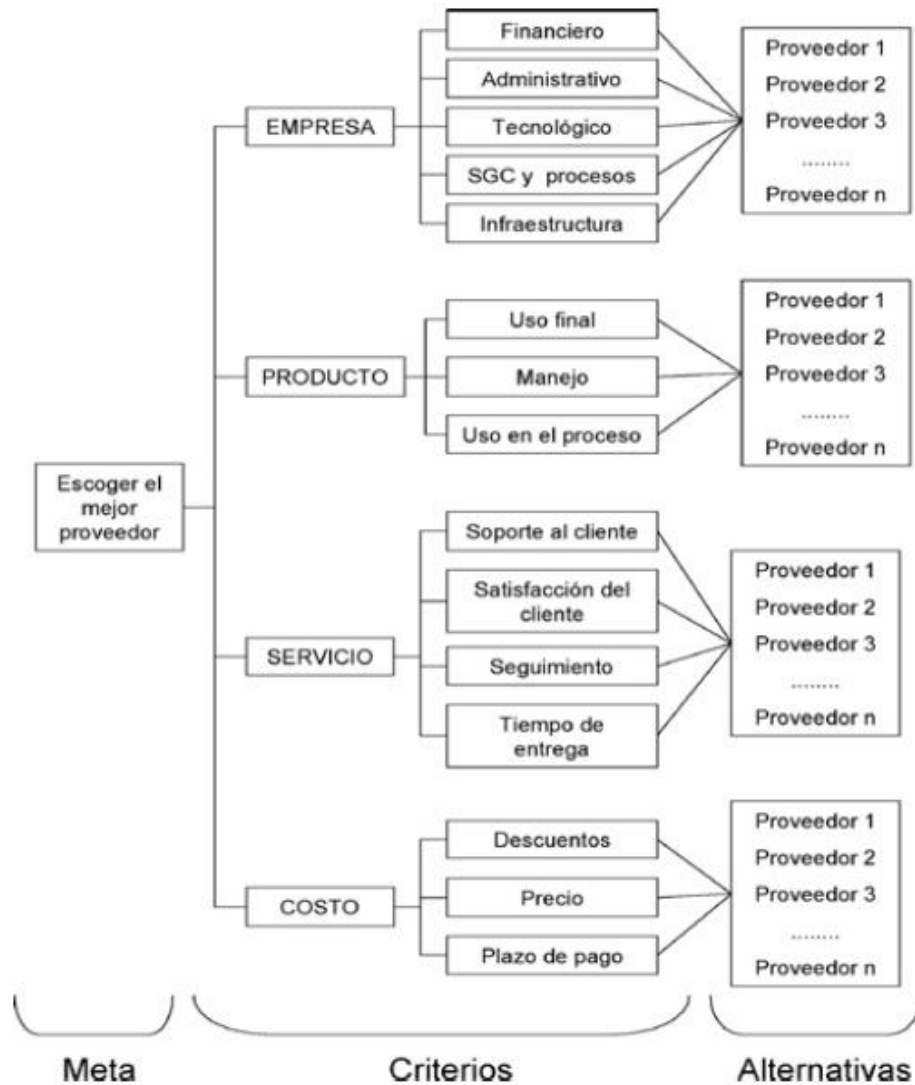


FIGURA 2.7: Árbol de la jerarquía para la selección de proveedores. Fuente: Herrera- Umaña (2005).

## Matrices de comparación

Las matrices de comparación deben construirse por cada nivel de jerarquía. La tabla 2.3. muestra el nivel 1 de jerarquía, en el cual se produce la comparación entre criterios respecto a la meta.

TABLA 2.3: Matrices de comparación. Fuente: Herrera-Umaña y Osorio-Gómez (2006).

Escala Saaty	Escala Difusa	Representación	Escala Verbal	Interpretación
1	(1,1,2)	M1	Igual importancia de ambos elementos	Los dos elementos contribuyen de igual forma al objetivo.
3	(2,3,4)	M3	Moderada importancia de un elemento sobre otro	La experiencia y el juicio favorecen levemente a un elemento sobre el otro.
5	(4,5,6)	M5	Fuerte importancia de un elemento sobre el otro.	Uno de los elementos es fuertemente favorecido
7	(6,7,8)	M7	Muy fuerte importancia de un elemento sobre el otro.	Uno de los elementos es fuertemente dominante
9	(8,9,9)	M9	Extrema importancia de un elemento sobre el otro.	La evidencia que favorece a uno de los elementos es del mayor orden de afirmación.
2,4,6,8	(1,2,3), (3,4,5), (5,6,7), (7,8,9)	M2,M4,M6,M8	Valores intermedios	Usados para juicios intermedios

Fuente: [10], [11]

En la tabla 2.4. se muestra el nivel 2 de jerarquía, con la comparación entre subcriterios respecto al criterio raíz.

TABLA 2.4: Matriz de comparación entre subcriterios. Fuente: Herrera-Umaña y Osorio-Gómez (2006).

Empresa	Financiero	Admtivo	Tecnológico	SGC y procesos	Infraestructura
Financiero	(1,1,1)		(1/6,1/5,1/4)		
Administrativo		(1,1,1)			
Tecnológico	(4,5,6)		(1,1,1)		
SGC y procesos				(1,1,1)	
Infraestructura					(1,1,1)

La tabla 2.5. muestra el nivel 3 de jerarquía, con la comparación entre alternativas respecto a los subcriterios.

TABLA 2.5: Matriz de comparación entre alternativas. Fuente: Herrera-Umaña y Osorio-Gómez (2006).

**Criterio Empresa:**

Subc. Financiero	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
Proveedor 1	(1,1,1)	(8,9,9)	
Proveedor 2	(1/9,1/9,1/8)	(1,1,1)	
Proveedor 3			(1,1,1)

El desarrollo matemático que permite ver cómo se pasa de las matrices anteriores al vector, se presenta en la tabla 2.6.

TABLA 2.6: Vector de prioridades frente a los proveedores. Fuente: Herrera-Umaña y Osorio-Gómez (2006).

Proveedor	%
Proveedor 1	35%
Proveedor 2	49%
Proveedor 3	16%

El encargado de las compras debería tener como primera opción al proveedor 2, en este ejemplo; sin embargo, debe quedar claro que la herramienta no toma las decisiones, sino que ofrece soporte al encargado para que lo haga de una manera más estructurada y confiable.

## 2.6. EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO

Continuando con el modelo de Herrera Umaña y Osorio – Gómez (2006), los autores proponen la siguiente escala de calificación final, para evaluar el desempeño del proveedor (escala del uno al diez):

- Desempeño **notable**: mayor o igual a nueve ( $\geq 9$ ).
- Desempeño **confiable**: mayor o igual a ocho y menor que nueve ( $\geq 8$ ,  $< 9$ ).
- Desempeño **riesgoso**: mayor o igual a cinco y menor que ocho ( $\geq 5$ ,  $< 8$ ).
- Desempeño **crítico**: menor a cinco ( $< 5$ ).

En el momento que un proveedor caiga en la clasificación riesgosa o crítica, debe presentar un plan de acción, que debe estar enfocado en mejorar los criterios en que obtuvo menor calificación, y cuyo peso en la calificación final fue considerablemente alto. Con base en esta evaluación, Herrera-Umaña y Osorio-Gómez (2006) clasifican a los proveedores según:



- Proveedores **Clase A**. Son proveedores confiables que tienen un sistema de calidad reconocido, que pueden desarrollar productos u ofrecer otra clase de servicios sin ninguna restricción.
- Proveedores **Clase B**. Es un proveedor apto, pero con un plan de mejoramiento a verificar en un periodo determinado (máximo un año).
- Proveedores **Clase C**. Es un proveedor con un sistema de calidad en proceso de desarrollo, donde el plan de mejoramiento debe cumplirse en un corto plazo (máximo seis meses).
- Proveedores **Clase D**. Es un proveedor en situación crítica, en el que su plan de mejoramiento es URGENTE, con necesidad de ayuda y apoyo fuerte.

La etapa siguiente del modelo propuesto consiste en los seguimientos a los planes de acción, derivados de las evaluaciones de desempeño y del sistema de gestión de calidad.

#### 2.6.1. SEGUIMIENTO A PLANES DE ACCIÓN

Según Herrera-Umaña y Osorio-Gómez, 2006:

En el caso de llevarse a cabo la evaluación del sistema de gestión, el proveedor debe presentar un plan de acción basado en las no conformidades encontradas en la auditoría hecha por la empresa cliente. Este plan de acción debe contener la acción a implementar por cada “no conformidad” encontrada, la fecha de implementación de la acción y el responsable de llevarla a cabo. La empresa cliente debe hacer seguimiento del cumplimiento de las acciones en las fechas estipuladas al proveedor y, al final de la ejecución del plan de acción, hacer una nueva auditoría para clasificar al proveedor.

En cuanto a la administración de la información y toma de decisiones, pueden surgir las siguientes preguntas:

- ¿Qué decisión tomar?
- ¿Certificar al proveedor?
- ¿No negociar más con él?
- ¿Terminar el contrato para un producto o servicio específico?
- ¿Darle otra oportunidad?

## CAPÍTULO 3

### 3. METODOLOGÍA

---

#### 3.1. LA CALIDAD Y LAS HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

##### 3.1.1. EL DESARROLLO DE LA CALIDAD

La evolución del concepto de calidad ha sido paralela a la evolución de los sistemas de producción. La calidad es muy importante y esencial para el sistema, y con ella se logra la satisfacción del cliente.

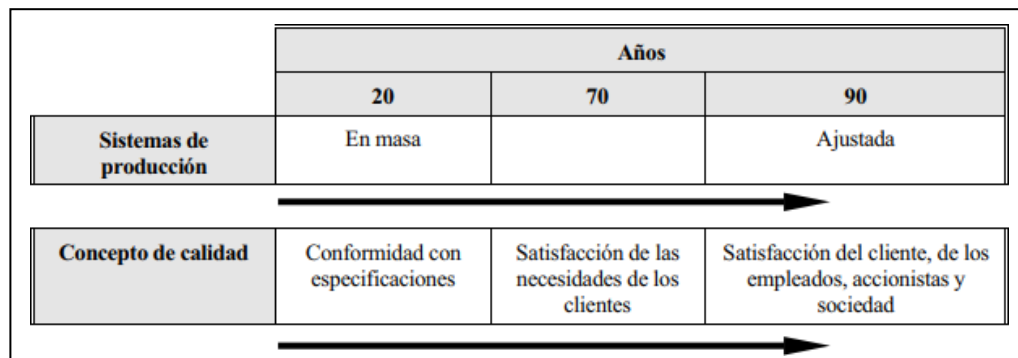


FIGURA 3.1: Evolución de la calidad y los sistemas de producción.

Como se observa en la figura 3.1, el concepto de calidad ha caracterizado la fabricación de un producto o la prestación de un servicio, de manera que se han ido introduciendo aspectos relacionados con el cliente y con la eficiencia del negocio. Es así como el concepto evolucionó al de Calidad Total (CT), que se introdujo en 1990 y se ha estado utilizando hasta la actualidad.

La calidad total se emplea para describir cómo los principios de calidad constituyen parte de los objetivos estratégicos de una organización, de tal

manera que, al aplicarlos a todas las operaciones junto con el mejoramiento continuo, se puedan fabricar productos sin defectos, para que puedan satisfacer y superar las necesidades del cliente.

### 3.2. EL DESARROLLO DE LAS HERRAMIENTAS DE CALIDAD

Los orígenes de las herramientas estadísticas de la calidad se encuentran en el trabajo realizado dentro de Bell System en los años veinte. En ese momento, el interés principal residía en:

- Las tablas de inspección de muestreo.
- Los gráficos de control de Shewhart.
- La evaluación de la calidad de productos manufacturados.

Los especialistas en calidad que fueron surgiendo desarrollaron nuevas herramientas, que se fueron agregando hasta generar una metodología aplicable a una empresa u organización.

El factor principal para la utilización de estos nuevos conceptos vino con la Segunda Guerra Mundial, ya que las fuerzas armadas estadounidenses impusieron normas severas a sus proveedores, debido a que querían garantizar suministros fiables en un corto espacio de tiempo (Griful y Canela, 2002). Para ello se desarrollaron estándares (como las tablas de muestreo MIL-STD) que se emplean en el control de calidad (Reategui-Vela, 2011).

Al concluir esta guerra, se comienza a desarrollar en Japón una revolución de la calidad. El país terminó destruido, tuvo que reconstruir el tejido industrial, y afrontó estos esfuerzos para poder vender sus productos en el mercado internacional, de manera que sus productos ya no se vendieran con mala calidad.

Varios ingenieros japoneses como Asaka, Ishikawa, Kogure, Mizuno y Moriguchi comenzaron a estudiar el control estadístico de calidad, basándose en los estudios de Shewhart. Los directivos de las empresas japonesas comenzaron a observar que la mejora de la calidad produce una mejora en la productividad (Miranda, Chamorro y Rubio, 2007).

Los japoneses participaron en conferencias y cursos de formación para directivos. Uno de los conferencistas fue el profesor norteamericano Edward Deming, discípulo de Shewhart, quien dio las primeras lecciones sobre el control estadístico en 1950. En 1951 la JUSE (*Japanese Union of Scientists and Engineers*, o Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros) establece el primer premio a la calidad (Premio Deming) en reconocimiento al impacto de las ideas de dicho profesor sobre la calidad en Japón (Vilchez, 2013).

Para reforzar la aplicación del control estadístico de la calidad, la JUSE invito al Dr. Jurán a impartir un ciclo de conferencias en 1954, para explicar a los directivos japoneses su papel como apoyo al proceso de control de calidad. Estas conferencias fueron el principal impulso hacia la aplicación del control de calidad total en Japón (Miranda, Chamorro y Rubio, 2007).

Por otro lado, en Occidente todavía consideraban la inspección como sinónimo de calidad. Para determinar la efectividad de las técnicas de control de calidad, estas se ponían en práctica en la inspección del producto final, por lo que la eliminación o el reproceso del producto defectuoso eran comunes (Tarí, s.f.).

La consecuencia de estas diferencias entre Oriente y Occidente fueron que la fabricación de productos exactamente iguales en Japón requería menos horas y era más barata que en los países occidentales. Occidente se dio cuenta del liderazgo que estaba consolidando Japón, basado en la construcción de una cultura de calidad (Tarí, s.f.).

El logro conseguido por los japoneses se basa en la importancia que tiene la comunicación entre empresa y cliente, generando una calidad que se constituyó como un requisito necesario para la competitividad de una empresa y que dio origen a la gestión de calidad total. Esta nueva filosofía integra técnicas que se venían practicando, como el Control Estadístico de Procesos, el Diseño de Experimentos y las herramientas de Ishikawa (Cuatrecasas, 2010).

Las herramientas estadísticas se utilizan como un medio por el cual se realiza la recopilación, desarrollo y análisis de los datos, con el propósito de:

- Tomar decisiones y acciones que ayuden a resolver los problemas que se generan en un área productiva.
- Identificar, analizar y eliminar las causas por las cuales hay defectos que afectan los procesos.

Estas técnicas también son aplicadas en áreas, actividades o funciones relacionadas con la mejora de calidad, como soporte para la toma de decisiones, definición de estrategias, optimización de recursos, etc. (Cuatrecasas, 2010, pág. 67).

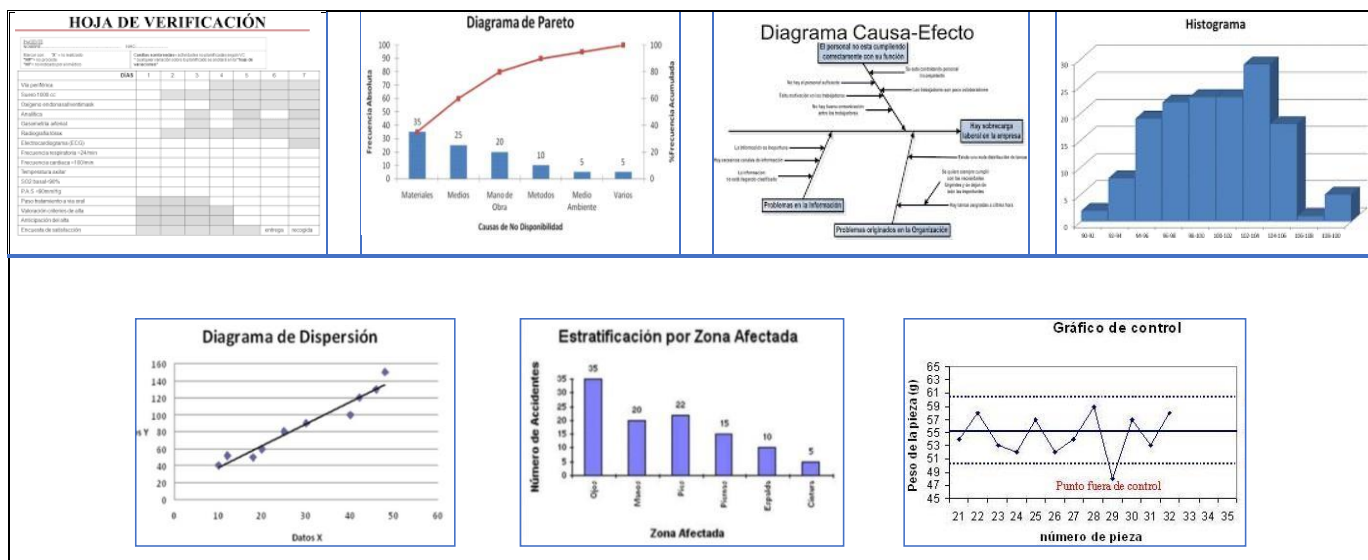


FIGURA 3: Las siete herramientas de calidad.

### 3.2.1. HISTORIA

El término “Siete Herramientas de Calidad” recibe su nombre de las siete armas del guerrero Benkei (Garro, 2017).

Saitō Musashibō Benkei nació en 1155, y desde pequeño fue entrenado como monje budista. Viajó por diferentes monasterios budistas de Japón. En esa época, el budismo y sus monasterios eran importantes centros de administración y centros militares; con el entrenamiento que recibió y con sus cualidades innatas, a los 17 años se unió al grupo guerrero de los Yamabuchi (Guerra, 2015).

La primera gran historia de este personaje tuvo lugar en el Puente Gojo de Kioto. Benkei retaba a duelo a los guerreros que pasaban por aquel lugar y guardaba las espadas de los derrotados, llegando a acumular 999 espadas. Pero en su duelo número 1000 perdió la contienda ante Yoshitsune Minamoto, otro guerrero samurái al cual acompañó luchando a su lado por el resto de su vida (Garro, 2017). En el año 1189, tras ser declarados fugitivos, fueron

rodeados en el castillo de Koromagawa, Benkei murió de pie y su cuerpo permaneció de pie hasta después de la batalla: nadie se atrevió a acercarse al guerrero cubierto de flechas y heridas (Guerra, 2015).

Los triunfos de Benkei se encontraban en el uso de sus siete armas, en saber escoger el arma adecuada para usarla con honor y sabiduría. Sus siete armas eran (Garro, 2017):

1. *Masakari* – Hacha.
2. *Kumade* – Asta larga con varios ganchos al final.
3. *Naginata* – Asta con un afilado cuchillo al final.
4. *Hizuchi* – Una forma de mazo de madera.
5. *Nokogiri* – Una forma de serrucho.
6. *Tetsubo* – Un palo largo de hierro o acero con picos.
7. *Sasumata* – Lanza larga con forma de tenedor al final.

#### 2.6.2. KAORU ISHIKAWA

El Dr. Kaoru Ishikawa (1915 – 1989) nació en Tokio. En 1939 se graduó en el departamento de Ingeniería de la Universidad de Tokio, donde obtuvo un título de química aplicada (Gutiérrez Pulido, 2001).

En 1943 el Dr. Ishikawa desarrolló el diagrama de causa-efecto, cuando explicaba a un grupo de ingenieros de la empresa Kawasaki Steel Works cómo varios factores se podían ordenar e interrelacionar (Garro, 2017). En 1949 participó en la promoción del control de calidad y, desde entonces, trabajó como consultor de numerosas empresas e instituciones comprometidas con las estrategias de desarrollo del Japón de la posguerra (Gutiérrez Pulido, 2001).

En 1952, Japón entró en la ISO (*International Standard Organization*, Organización Internacional de Estandarización), asociación internacional



creada con el fin de fijar los estándares para las diferentes empresas y productos. Ishikawa se incorporó a ella en 1960 y, desde 1977, fue el presidente de la delegación de Japón. Fue, además, presidente del Instituto de Tecnología Musashi de Japón (Gutiérrez Pulido, 2001).

Ishikawa puso especial atención en desarrollar el uso de métodos estadísticos prácticos y accesibles para la industria. Su trabajo se centró en la recopilación y presentación de datos. Con el uso del diagrama de Pareto, priorizó las mejoras de calidad, y con el diagrama de causa-efecto logró entender los factores que afectan la calidad del proceso (Gutiérrez Pulido, 2001).

Ishikawa estaba interesado en cambiar la manera de pensar de la gente respecto a su trabajo. Para él, la calidad era un constante proceso que siempre puede estar en continua evolución. Inspirándose en las siete armas del legendario monje samurái, Ishikawa postuló que bastaban siete herramientas (a las que denominó las Siete Herramientas de la Calidad) para solucionar la mayoría de los problemas relacionados con la calidad. Estas herramientas son las siguientes (López, 2016):

1. Hoja de verificación.
2. Diagrama de Pareto.
3. Diagrama de causa-efecto.
4. Histograma.
5. Diagrama de dispersión.
6. Estratificación.
7. Gráfico de control.

Estas herramientas no son creación del Doctor Ishikawa (salvo el diagrama causa-efecto), pero las agrupó y recopiló para mejorar el control de la calidad y facilitar el trabajo de los círculos de calidad (López, 2016).

Un círculo de calidad está formado por un grupo de personas de una organización, que se reúnen de manera periódica para analizar problemas que surgen en su operación. Una vez detectados estos problemas, usan las técnicas de control de calidad para desarrollar soluciones de mejora (figura 3.3.).

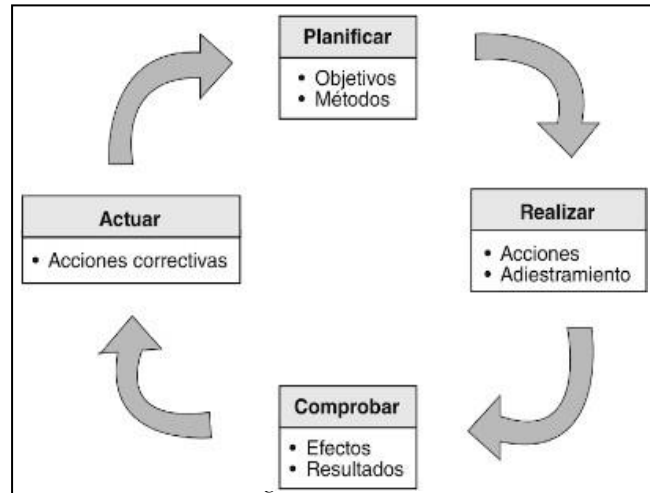


FIGURA 3.3: Círculo de Calidad. Fuente: López (2016).

### 3.3.1. HOJA DE VERIFICACIÓN

No se tienen datos de su origen, pero desde la creación del control de calidad ha sido fundamental para establecer las principales características de un proceso al cual se le puede realizar un control.

G.S. Radford, en su obra “The Control of Quality in Manufacturing” afirma que la verificación tiene como propósito examinar de cerca y de forma crítica el trabajo para comprobar su calidad y detectar los errores. Una vez que estos han sido identificados, personas especializadas deben ponerles una solución (Juran, 1984).

En cualquier proceso, algunos productos tienden a mostrar defectos durante un periodo de tiempo. La observación del número de artículos

defectuosos no es útil para determinar las causas del problema; sin embargo, se pueden utilizar las hojas de verificación para subdividir o desglosar la información sobre los tipos de defectos detectados e identificar con mayor facilidad la fuente de los problemas.

- Definición, objetivos y usos de la hoja de verificación

La hoja de verificación es una herramienta base para la recolección y análisis de datos que permiten realizar seguimientos en el proceso de resolución de problemas. Sus principales objetivos son (Galgano, 1995):

- Facilitar la recolección de datos.
- Organizar los datos.
- Detectar tendencias.
- Ser punto de partida para la elaboración de otras herramientas, como los gráficos de control.
- Informar de la situación de las operaciones realizadas durante el proceso.
- Comprobar características de la calidad durante el proceso.
- Cuantificar defectos por producto, localización y/o causa.
- Dar seguimiento de las actividades de un proceso.

La hoja de verificación puede tener “n” configuraciones; lo importante es que se tomen en cuenta las necesidades del proceso. Es necesario que, en su elaboración, participe el personal del proceso involucrado, para facilitar la captura de datos y el análisis de los mismos.

### **Ejemplo 1**

En la figura 3.4. se presenta un tipo de formato de hoja de verificación, que incluye límites de especificación. De esta manera se facilita la observación del número de elementos que no están dentro de los límites, y esto da una idea inmediata de la calidad del proceso.

Podemos observar que hay una proporción significativa de datos fuera de las especificaciones, y que hay mayor cantidad en el lado derecho de la gráfica.

### **Ejemplo 2**

En la figura 3.5. se muestra una hoja de verificación para detectar artículos defectuosos.

(Uso continuo de datos)
No. \_\_\_\_\_

**Hoja de verificación**

Nombre del producto \_\_\_\_\_

Uso \_\_\_\_\_

Especificación \_\_\_\_\_

Número de inspecciones \_\_\_\_\_

Número total \_\_\_\_\_

Número de lote \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

Nombre de la fábrica \_\_\_\_\_

Nombre de sección \_\_\_\_\_

Recopilador de datos \_\_\_\_\_

Nombre del grupo \_\_\_\_\_

Comentarios \_\_\_\_\_

**Dimensiones**

	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2
40																		
35																		
30																		
25																		
20																		
15																		
10																		
5																		
0																		
<b>Frecuencia total</b>	1	2	6	13	10	16	19	17	12	16	20	17	13	8	5	6	2	1

FIGURA 4: Hoja de verificación para la recopilación de datos. Fuente: Evans (2008).

Hoja de verificación		
Producto:	Fecha:	
Etapa de manufactura: inspección final	Fábrica:	
Tipo de defecto: está rallado, incompleto, deformado	Sección:	
Núm. total de artículos inspeccionados: 2530	Nombre del inspector:	
	Número de lote:	
	Número de orden:	
Comentarios: todos los artículos inspeccionados		
Tipo	Verificación	Subtotal
Ralladuras en la superficie	### ### ### ### ### ## //	32
Grietas	### ### ### ### ///	23
Incompleto	### ### ### ### ### ### ### ### ///	48
Deformado	////	4
Otros	### ///	8
	Total general	115

FIGURA 5: Hoja de verificación para la recopilación de datos. Fuente: Evans (2008).

En esta hoja se muestran los tipos de defectos que hay en una planta de producción de resina. El total de defectos es alto, lo que amerita inspeccionar el proceso de fabricación para disminuir los rechazos.

### Ejemplo 3

En la figura 3.7. se presenta una hoja de verificación para localizar defectos que se pueden presentar en una pieza.

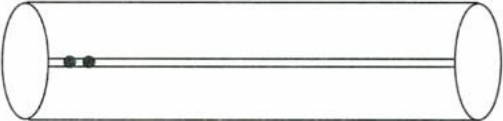
LOCALIZACIÓN DE DEFECTOS DE SOLDADURA			
Técnico:	L. García	Fecha:	22 de febrero de 2002
			
● Soldadura porosa		Comentarios: falta capacitación	

FIGURA 3.7: Hoja de verificación de localización de defectos. Fuente: Escalante (2006).

En este tipo de hoja de verificación se observa que, del lado izquierdo la soldadura, esta no se aplicó de manera correcta, ya que se presenta un espacio vacío.

#### Ejemplo 4

La figura 3.8. presenta una hoja de verificación para estratificar el número de unidades defectuosas de un proceso.

<i>Semana</i>	4-8 de marzo de 2002	<i>Día</i>				
<i>Máquina</i>	<i>Técnico</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
1	Luis	5	2	3	2	4
	Pedro	3	2	2	1	3
2	Paco	2	1	0	1	2
	Lupe	2	1	1	1	2

FIGURA 3.8: Hoja de verificación para estratificar defectos. Fuente: Escalante (2006).

En esta hoja la estratificación está basada en la máquina, el operador y el día de la semana. Se puede observar que en la máquina 1 se producen más unidades defectuosas que en la máquina 2; además, los días 1 (lunes) y 5 (viernes) se producen más unidades defectuosas.

#### 3.3.2. DIAGRAMA DE PARETO

Vilfredo Federico Damaso Pareto (1848 – 1923), nació en Francia, de nacionalidad italiana, fue un gran ingeniero, sociólogo, economista, científico, político y filósofo (Garro, 2017).

Desarrolló una teoría que planteaba el carácter inevitable de la desigualdad social y de la dominación de las masas por una minoría selecta

(Navas, 2009). En 1909 Pareto publicó los resultados de sus estudios sobre la distribución de la riqueza, donde desarrolla su Distribución de Probabilidad de Pareto.

A finales de los años 30, Joseph Juran realizó una visita a la central de General Motors Corporation, donde conoció a Merle Hale, quien le mostró sus investigaciones de salarios, basadas en modelos matemáticos contruidos por Pareto. A Juran le gustó el concepto y profundizó sobre los estudios de la distribución de la riqueza. Más adelante, Juran fue desarrollando su principio universal de “pocos vitales y muchos triviales” (Garro, 2017).

Las curvas acumulativas características del diagrama de Pareto, no se deben a él, sino al economista Max Otto Lorenz.

El diagrama de Pareto tiene como objetivo presentar información que facilite la observación de los factores que representan mayor riesgo en el proceso y, con ello, poder disminuir su influencia (Parra, 2019).

Un diagrama de Pareto nos sirve para:

- Analizar los datos recopilados en las hojas de verificación.
- Identificar las diferentes causas de un determinado efecto o problema.
- Decidir qué aspectos se deben de trabajar de manera inmediata para mejorar el proceso.
- Ayudar a evitar que se empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras.

El diagrama de Pareto es generalmente el primer paso para la realización de mejoras, ya que nos permite decidir objetivamente por qué problema empezar, y poder resolver problema tras problema según su prioridad (Parra, 2019).



## **Etapas para la elaboración de un diagrama de Pareto**

### **a) Elaboración manual**

A continuación, se describen las etapas para la elaboración de un diagrama de Pareto.

**Paso 1.** Delimitar el problema o área de mejora.

**Paso 2.** Decidir cómo clasificar los datos estableciendo una lista de causas o problemas. Clasificar los factores a analizar de acuerdo a su tipo: defectuosos, fallas, averías, etc.

**Paso 3.** Definir el período al que se le tomarán los datos.

**Paso 4.** Construir una tabla para la recopilación de datos (tabla 3.1.). Al finalizar el periodo de recopilación ordenar los datos por la categoría que contenga más elementos y, siguiendo en orden descendente, calcular:

- Frecuencias absolutas.
- Frecuencias absolutas acumuladas.

Ecuación 1. 
$$F_i = f_n + f_{n-1} + \dots + f_{n-k}$$

Donde:

$F_i$ = frecuencia absoluta acumulada.  $f_n$ = frecuencia absoluta  
 $f_{n-1}$ =frecuencia absoluta anterior.

- Porcentajes.

Ecuación 2 
$$\% = \frac{\text{Frecuencia absoluta}}{\text{Total de Frec. absolutas}} \times 100$$

- Porcentajes Acumulados

Ecuación 3. 
$$\% \text{ acumulado} = \%n + \%n-1 + \dots + \%n-k$$

Donde:

$\%n$  = porcentaje

$\%n-1$  = porcentaje anterior

TABLA 3.1: Ejemplo de construcción de tabla.

No.	Categoría	Frecuencia absoluta	Frecuencia absoluta acumulada	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
1					
2					
3					
:					
n					

**Paso 5.** Construir una gráfica de barras. Construir el gráfico situando la barra más alta a la izquierda.

**Paso 6.** Con el porcentaje acumulado graficar una línea acumulada. La escala vertical del lado derecho se utilizará para el porcentaje acumulado.

**Paso 7.** Anotar el periodo observado.

**Paso 8.** Realizar la interpretación de los resultados.

Según el principio de Pareto, «el 80% de los problemas provienen del 20% de las causas».

### Ejemplo 1

En una operación de ensamble de un componente eléctrico, los defectos observados y anotados por el superior de línea, se encuentran resumidos en una hoja de verificación, mostrada a continuación tabla 3.2.

TABLA 3.2: Hoja de chequeo. Fuente: Arrona (1990).

Defecto	Enero				Febrero				Total
	1	2	3	4	1	2	3	4	
Unión soldada	2	1	3	4	2	2	3	3	20
Pieza perdida	1	0	2	1	1	3	1	2	11
Arañazos	4	4	3	5	4	3	2	4	29
Corto	1	0	0	2	0	1	1	0	5
Pieza equivocada	0	2	0	1	0	0	3	2	8
Pieza quebrada	2	3	2	1	4	3	3	5	23
Total	10	10	10	14	11	12	13	16	96

Posteriormente, se puede construir el diagrama de Pareto para determinar qué defectos deberán ser corregidos para mejorar la situación.

#### a) Elaboración manual.

**Paso 1.** Delimitar el problema o área de mejora.

En este caso, se desea encontrar el principal defecto que afecta al proceso de ensamble del componente eléctrico.

**Paso 2.** Realizar una clasificación de los datos, dependiendo del tipo de defecto.

- a) Unión soldada.
- b) Pieza perdida
- c) Arañazos.
- d) Corto.
- e) Pieza equivocada.
- f) Pieza quebrada.

**Paso 3.** Definir el período al que se le tomarán los datos.

En el ejemplo, el periodo de toma de datos fue por semana y por mes.

**Paso 4.** Construir una tabla para la recopilación de datos para enero y febrero (tablas 3.3. y 3.4.)

En este caso se generó una tabla por mes, ordenando los datos por tipo de defecto, en orden decreciente de frecuencia.

TABLA 3.3: Defectos observados en el mes de enero.

No.	Defecto	Enero				
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Total
1	Arañazos	4	4	3	5	16
2	Unión soldada	2	1	3	4	10
3	Pieza quebrada	2	3	2	1	8
4	Pieza perdida	1	0	2	1	4
5	Corto	1	0	0	2	3
6	Pieza equivocada	0	2	0	1	3

TABLA 3.4: Defectos observados en el mes de febrero.

No.	Defecto	Febrero				
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Total
1	Pieza quebrada	4	3	3	5	15
2	Arañazos	4	3	2	4	13
3	Unión soldada	2	2	3	3	10
4	Pieza perdida	1	3	1	2	7
5	Pieza equivocada	0	0	3	2	5
6	Corto	0	1	1	0	2

Con los datos de enero y febrero se construyó la tabla 3.5.

TABLA 3.5: Frecuencias y porcentaje del mes de enero y febrero.

No.	Defecto	Frecuencia absoluta	Frecuencia absoluta acumulada	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
1	Arañazos	29	29	30.2	30.2
2	Pieza quebrada	23	52	24	54.2
3	Unión soldada	20	72	20.8	75
4	Pieza perdida	11	83	11.5	86.5
5	Pieza equivocada	8	91	8.3	94.8
6	Corto	5	96	5.2	100
Total		96		100	

**Paso 5.** Construir una gráfica de barras (con la frecuencia absoluta). Figura 3.9.

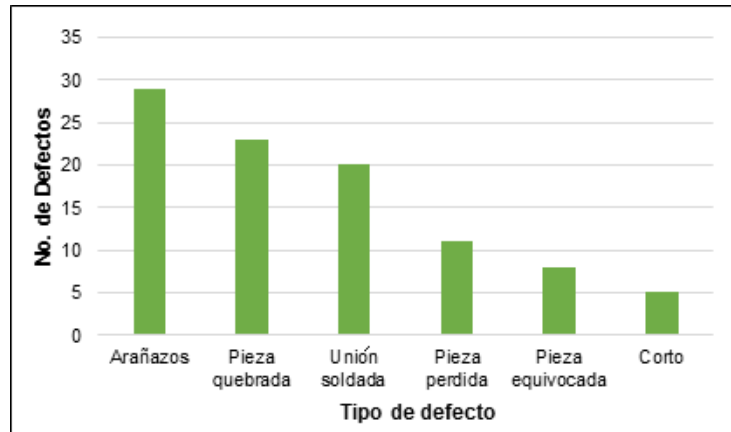


FIGURA 3.9: Diagrama de Pareto, ejemplo de un componente eléctrico.

**Paso 6.** Con el porcentaje acumulado, graficar una línea acumulada. La escala vertical del lado derecho se utilizó para el porcentaje acumulado.

**Paso 7.** Anotar el periodo observado.

**Paso 8.** Realizar la interpretación de los resultados.

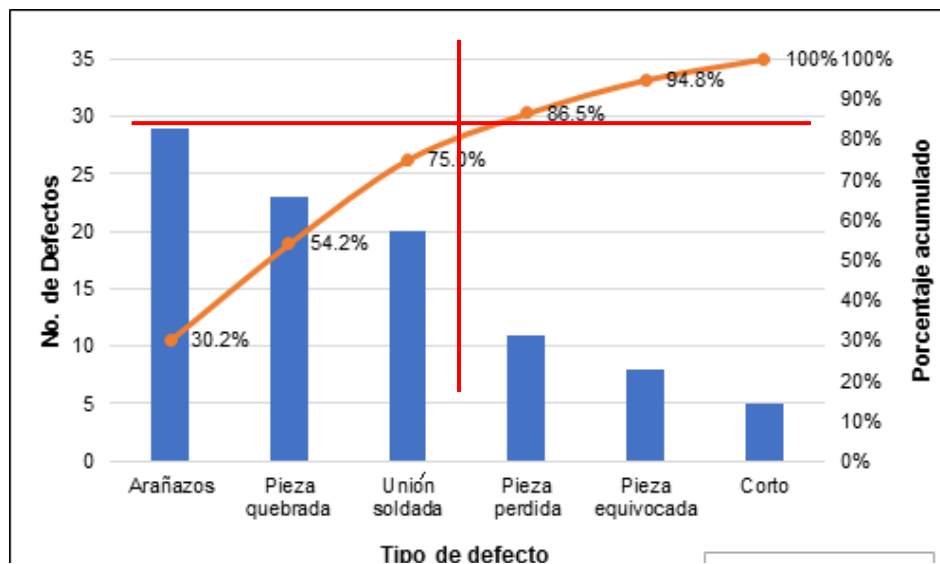


FIGURA 6: Diagrama de Pareto del ejemplo de un componente eléctrico con la curva representativa.

El 80% de los problemas encontrados pertenecen al 20% de las causas (3 tipos de defectos); si se eliminan las causas que los provocan desaparecen la mayor parte de los defectos.

La mayor parte de los defectos en el proceso de ensamble del componente eléctrico pertenece a 3 tipos de defectos que representan un 75% de los errores. Para aplicar una mejora debemos empezar por disminuir el defecto con mayor frecuencia (arañazos) y luego disminuir los otros dos defectos (pieza quebrada y unión soldada) para que el proceso sea más eficiente.

#### **b) Elaboración en minitab 18.**

**Paso 1.** Anotar los datos de la muestra en una hoja de trabajo del programa minitab.

↓	C1-T	C2
	Defecto	Frecuencia absoluta
1	Arañazos	29
2	Pieza quebrada	23
3	Union soldada	20
4	Pieza perdida	11
5	Pieza equivocada	8
6	Corto	5

FIGURA 3.11: Datos para generar el diagrama de Pareto.

**Paso 2.** Seleccionar la ruta para generar el diagrama de Pareto:

Elija Estadísticas > Herramientas de calidad > Diagrama de Pareto.

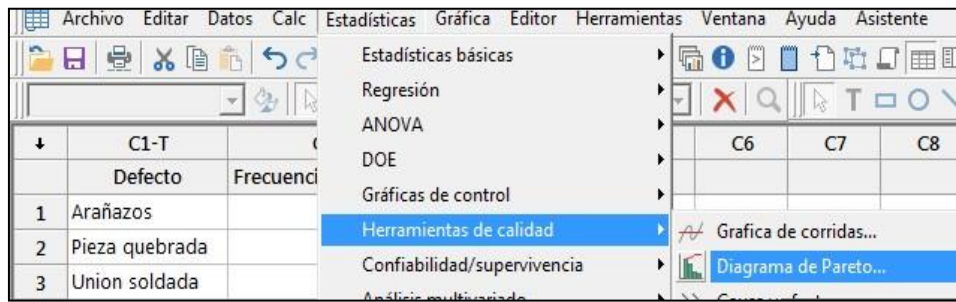


FIGURA 3.12: Selección del diagrama de Pareto en Minitab.

Al seleccionar el diagrama de Pareto aparece la siguiente pantalla:

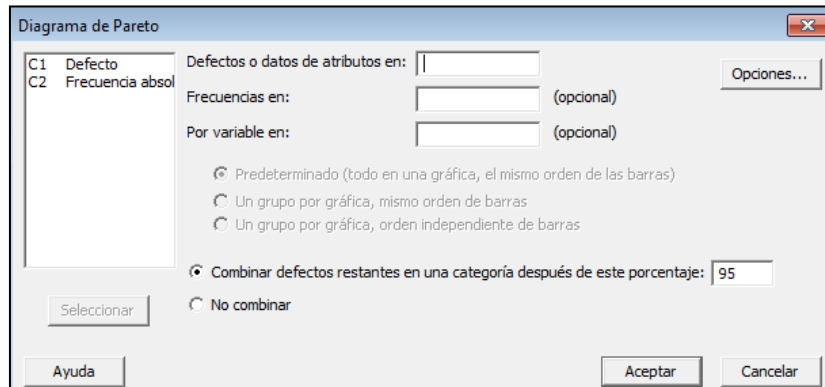


FIGURA 7 Selección de datos para la generación del diagrama de Pareto.

- En esta pantalla, insertar los siguientes datos:
  - En “Defectos o datos de atributos en”, ingrese Defecto.
  - En “Frecuencias en”, ingrese Frecuencia absoluta.
  - Seleccionar > Combinar defectos restantes en una categoría después de este porcentaje e ingrese 95.
  - Seleccionar Aceptar (con esto se genera el diagrama de Pareto).

**Paso 3.** Para insertar las líneas de referencia en el diagrama, seguimos la siguiente ruta:



Dar clic derecho sobre el gráfico > Agregar líneas de referencia.

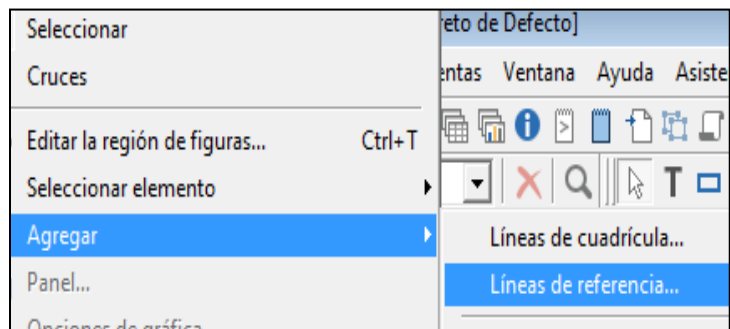


FIGURA 3.14: Selección de las líneas de referencia.

Al seleccionar líneas de referencia, aparece la siguiente pantalla:

FIGURA 3.15: Líneas de referencia para el eje X e Y.

En esta pantalla se van a insertar los siguientes valores:

- En Mostrar línea de referencia en valores de la escala secundaria Y:  
ingresar 80 (corresponde al porcentaje acumulado).
- En Mostrar línea de referencia en posiciones de la escala de categorías:  
ingrese 3.47 (corresponde a la intersección de la línea horizontal con las frecuencias acumuladas).

- Seleccionar Aceptar, y se generará el diagrama de Pareto con las líneas de referencia.

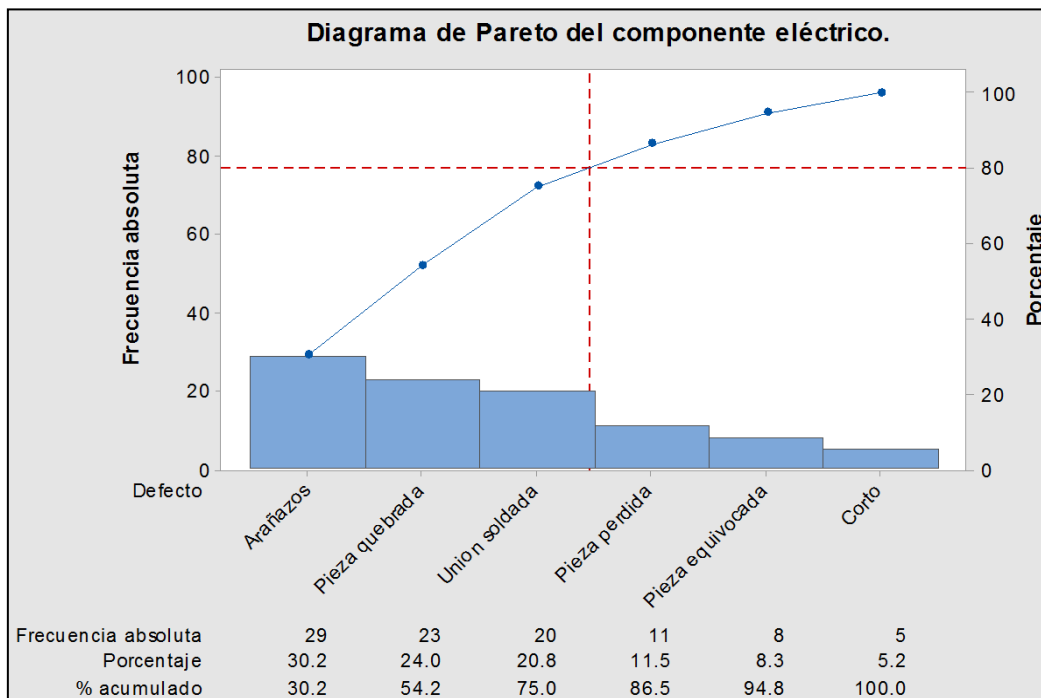


FIGURA 3.16: Diagrama de Pareto en Minitab.

#### **Paso 4.** Interpretación de los resultados.

En el ejemplo, el 30.2 % de los defectos son Arañazos, el 24 % son piezas quebradas y el 20.8 % son de unión soldada. El porcentaje acumulado de estos tres defectos es del 75 %; por lo que la mayor mejora para el proceso es tratar de dar una solución a estos defectos.

#### 3.3.3. DIAGRAMA CAUSA -EFECTO

El diagrama de causa-efecto, también llamado diagrama de Ishikawa, fue desarrollado por el doctor Kaoru Ishikawa en la Universidad de Tokio, en

1953. Esta técnica ilustra de forma gráfica la relación jerárquica entre un problema y sus causas potenciales.

### **Definición, objetivo y tipos de diagramas de causa y efecto**

Este diagrama es un elemento importante para analizar problemas reales o potenciales con el objetivo de identificar, analizar y seleccionar sus causas, y tomar las decisiones adecuadas.

El diagrama se debe usar con el apoyo de una lluvia de ideas, con el fin de examinar los factores que pueden influir en un problema determinado. Se analiza una situación o condición no deseable, con base en causas potenciales que se agrupan alrededor de diferentes categorías, las cuales sirven para la generación del diagrama.

Existen diferentes métodos para la construcción de un diagrama de causa y efecto, que varían dependiendo del tipo de causas probables que afectan a un proceso. Estos métodos pueden dividirse en los tipos siguientes:

- Modelo por clasificación de las causas de un proceso (6 M's)

Para el análisis de un problema se deben establecer las causas posibles que generan el efecto. Para ello, se definen las principales categorías que servirán para desarrollar en forma ordenada el análisis (Galgano, 1995).

Un criterio es el de las seis M's, las cuales se enlistan a continuación:

1. Mano de obra (personal que realiza las actividades).
2. Método (procedimiento usado en la realización de las actividades).
3. Maquinaria o equipo (equipos usados para la producción).
4. Materia prima (material que se usa para la producción).

5. Medición (instrumentos empleados para evaluar procesos y productos).
6. Medio ambiente (condiciones del lugar de trabajo).

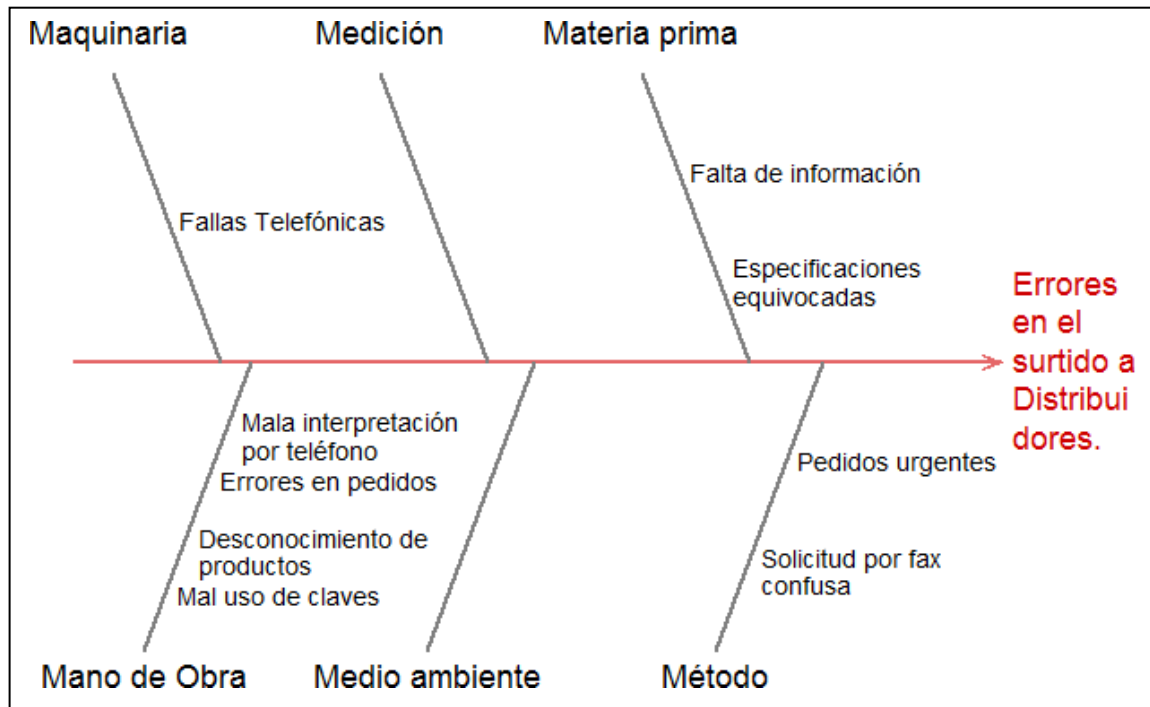


FIGURA 3.17: Ejemplo de diagrama de causa y efecto con 4 M's.

En esta figura podemos ver que el ejemplo está basado en 4 de las 6 M's que forman parte de un proceso. No es obligatorio cubrir las 6 ramas; solo las necesarias que correspondan a las causas probables que generen el efecto.

- Modelo por fases del proceso

Este modelo se utiliza cuando el efecto que deseamos analizar se genera a través de fases definidas y separadas que puedan influir sobre el proceso.

Cada fase del proceso se inserta en un recuadro, y el problema o efecto se escribe del lado derecho (Galgano, 1995).

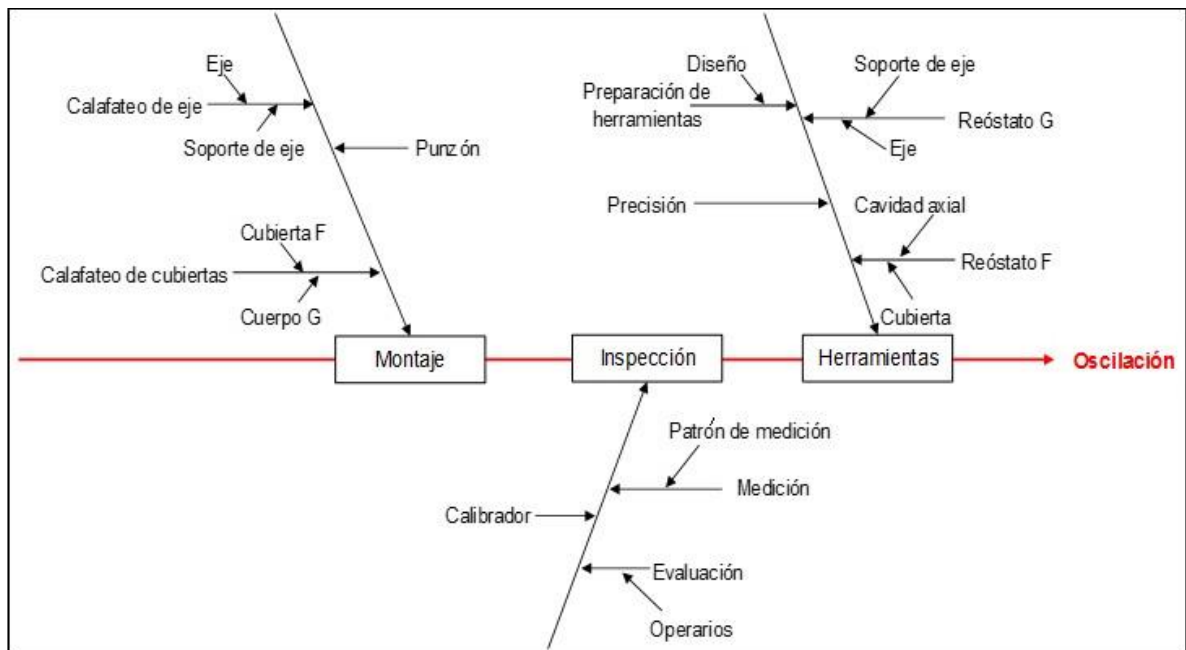


FIGURA 8 Ejemplo de diagrama de causa y efecto por fases del proceso.

- Modelo por enumeración de las causas

Este modelo consiste en enumerar todas las posibles causas que pueden influir sobre el problema. La enumeración debe ser lo más completa posible con la ayuda de una lluvia de ideas.

Como siguiente paso se deben estructurar las posibles causas en un diagrama. El resultado es similar a los modelos anteriores, pero en este caso se realizó a partir de una enumeración (Galgano, 1995).

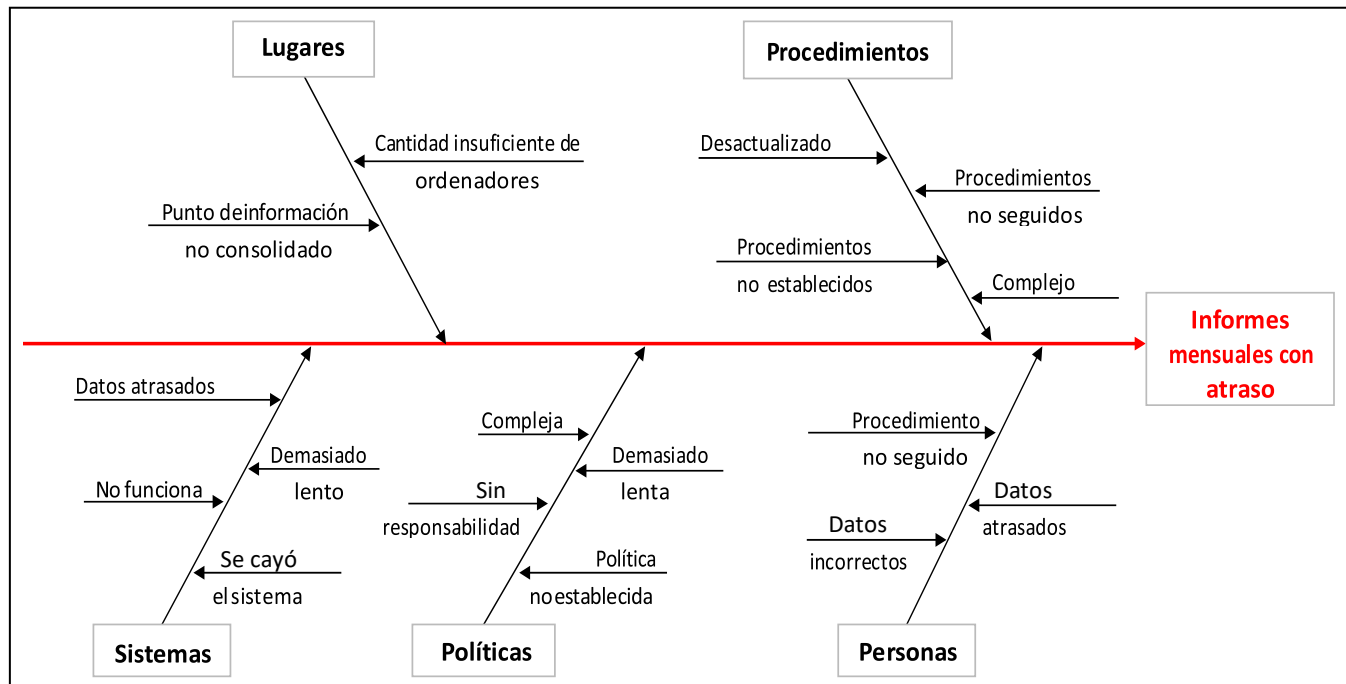


FIGURA 3.19: Diagrama de causa y efecto por enumeración de las causas.

### Etapas para la construcción de un diagrama de causa-efecto

**Paso 1.** Delimitar y decidir el problema o efecto a analizar.

**Paso 2.** Elaborar una lista a partir de una lluvia de ideas de las causas probables que tienen influencia sobre el problema.

**Paso 3.** Escribir el problema o efecto al final de una flecha. Figura 3. 20.

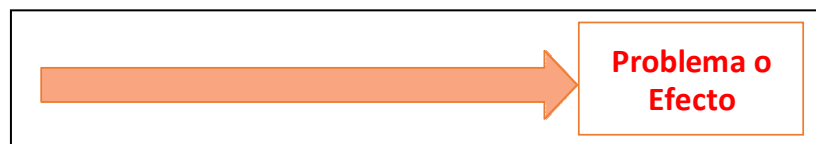


FIGURA 3.20: Flecha principal del diagrama de causa-efecto.

**Paso 4.** Indicar las categorías (6 M's, fases o categorías específicas) que pueden causar el problema.

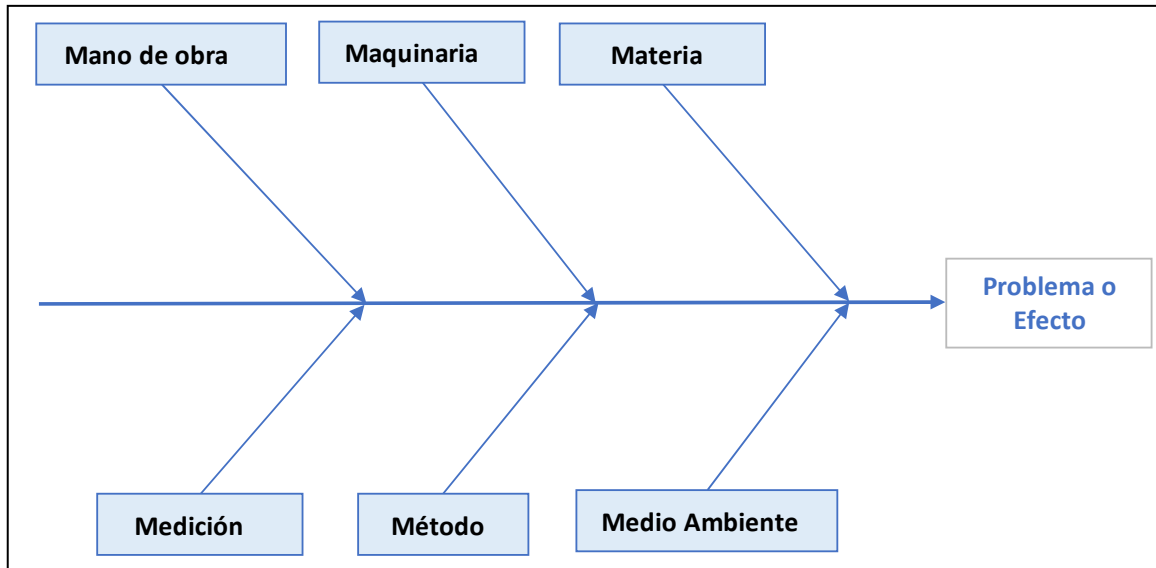


FIGURA 3.21: Diagrama de causa-efecto con las causas probables.

**Paso 5.** Escribir sobre cada una de las ramas las causas más detalladas (apoyándose en las elaboradas en el paso 2), para poder encontrar las principales causas del problema o efecto.

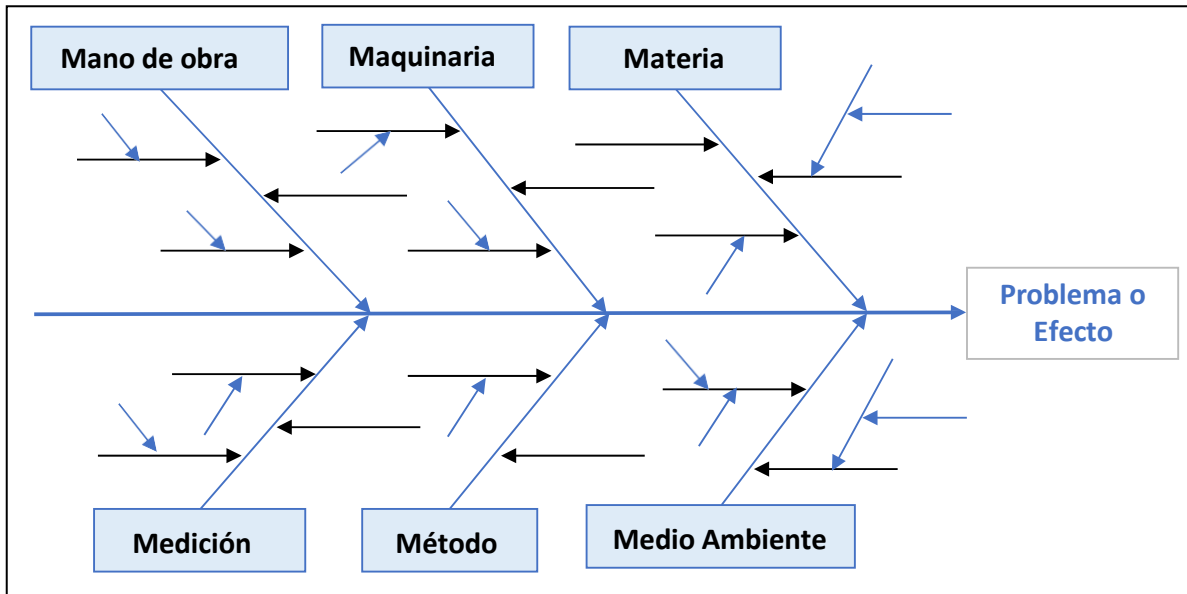


FIGURA 3.22: Diagrama de causa-efecto con ramificaciones menores.

**Paso 6.** Una vez elaborado el diagrama verificar las causas que afectan al problema y, si es necesario, complementarlas.

**Paso 7.** Identificar, por consenso, las causas más probables que influyen en el problema y establecer acciones para eliminarlas.

**Paso 8.** Ejecutar las acciones y verificar que el problema se haya resuelto o mejorado.

### Ejemplo 1

Tiempo de espera mayor a 60 minutos para los usuarios de un Banco “X”.



## a) Elaboración manual

**Paso 1.** Delimitar y decidir el problema o efecto a analizar.

El problema identificado por el departamento de control de calidad del banco es: tiempo de espera mayor a 60 minutos para los usuarios del banco “X”.

**Paso 2.** Elaborar una lista, a partir de una lluvia de ideas, de las causas probables que tienen influencia sobre el problema.

Se realizó la tormenta de ideas con base a las categorías que más afectan el tiempo de espera. Las espigas mayores son:

- Personal de servicio.
- Sistema.
- Capacidad de servicio.
- Método.

**Paso 3.** Escribir el problema o efecto a analizar al final de una flecha.

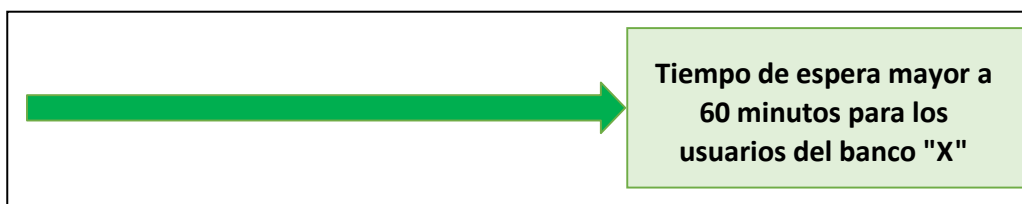


FIGURA 3.23: Diagrama de causa y efecto con el problema principal del banco.

**Paso 4.** Indicar las categorías (6 M's, fases o categorías específicas) que pueden causar el problema.

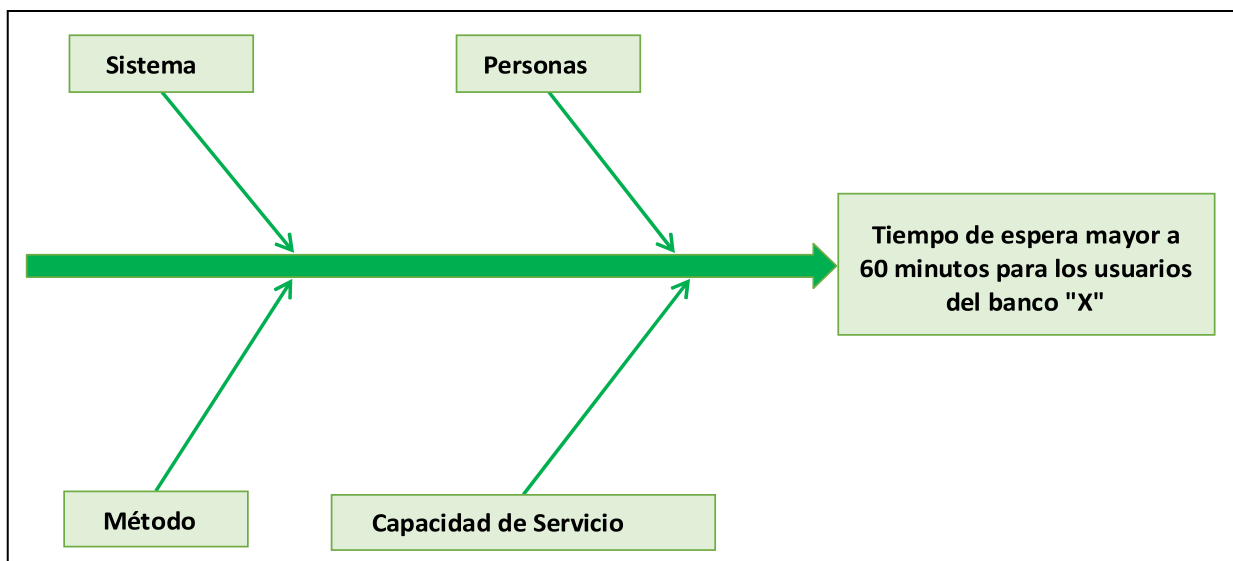


FIGURA 3.24: Diagrama de causa efecto con los factores más importantes.

**Paso 5.** Escribir sobre cada una de las ramas las causas más detalladas (apoyándose en las elaboradas en el paso 2).

El aspecto del diagrama terminado se observa en la figura 3.25.

**Paso 6.** Una vez elaborado el diagrama, verificar las causas que afectan al problema y, si es necesario, complementarlas.

En este caso se confirmaron las causas detectadas en el diagrama.

**Paso 7.** Identificar, por consenso, las causas más probables que influyen en el problema y establecer acciones para eliminarlas.

Las causas que más afectan al problema son:

- Sistema:

Falta de mantenimiento a los equipos.

- Personas:

No asistir a las capacitaciones. Desconocimiento del proceso.

Las soluciones que se propusieron fueron:

- Dar soporte a los equipos (*hardware y software*) para optimizar los tiempos de respuesta.
- Implementar un programa de capacitación para que la operación sea amigable para cualquier usuario validado para la práctica del equipo.
- Incluir este programa en los objetivos anuales de supervisores y personal.
- Actualizar los manuales para que puedan ser entendidos por el personal del área.

Incluir el análisis de los manuales en la capacitación.

***Paso 8.*** Ejecutar las acciones y verificar que el problema se haya resuelto o mejorado.

Las acciones propuestas se implementaron en el banco; los resultados fueron positivos, ya que disminuyó el tiempo de espera de 60 a 20 minutos.

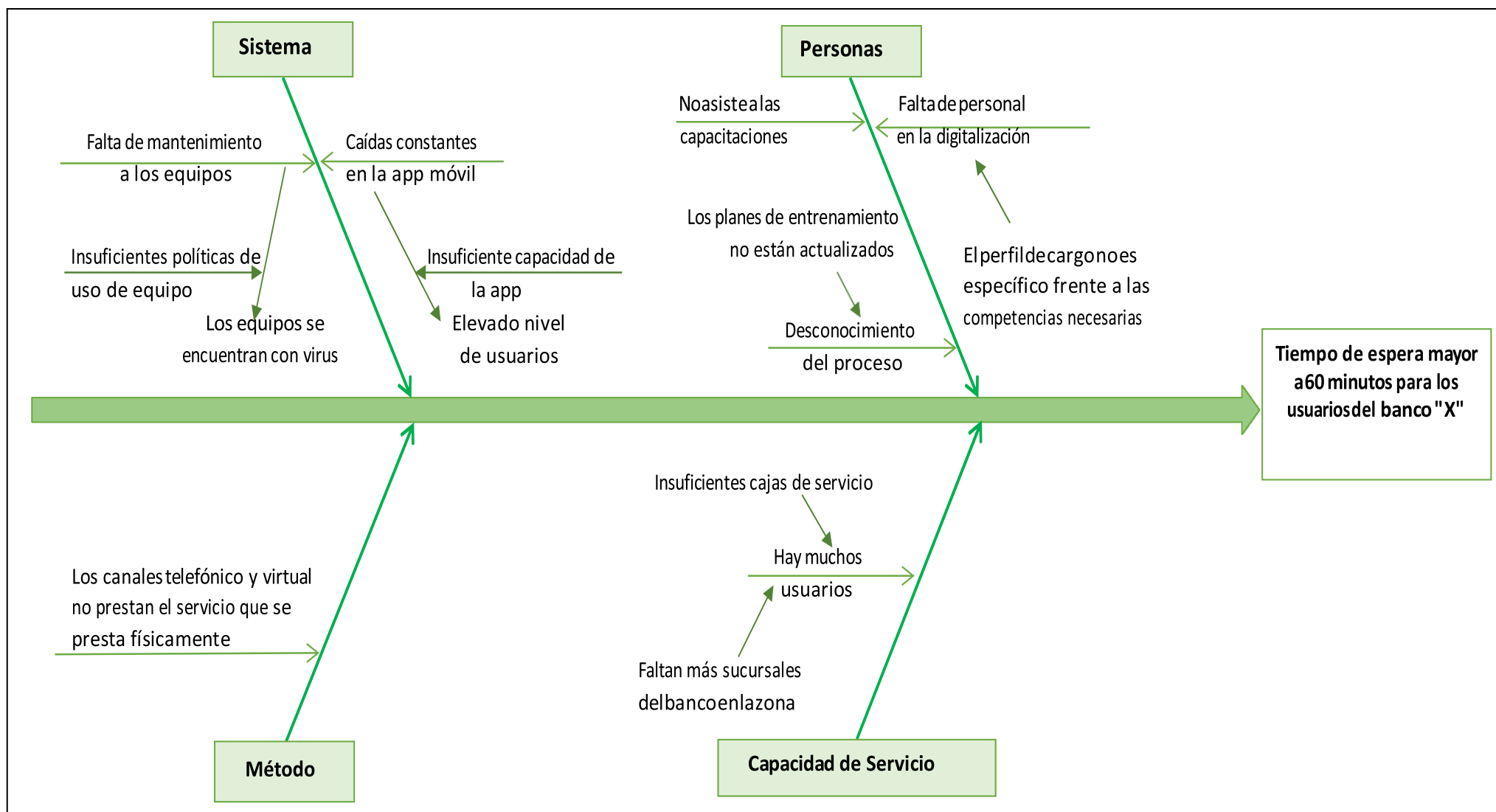
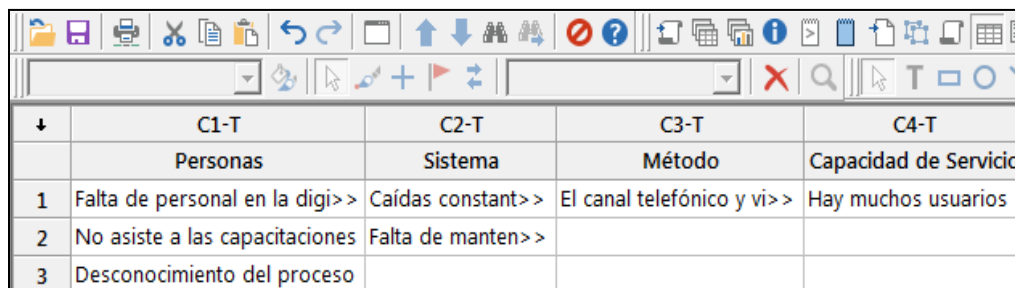


FIGURA 3.25: Diagrama de causa-efecto del tiempo de espera mayor a 60 minutos.

## a) Elaboración en minitab

**Paso 1.** Anotar los principales factores en la hoja de trabajo de minitab.



↓	C1-T	C2-T	C3-T	C4-T
	Personas	Sistema	Método	Capacidad de Servicio
1	Falta de personal en la digi>>	Caídas constant>>	El canal telefónico y vi>>	Hay muchos usuarios
2	No asiste a las capacitaciones	Falta de manten>>		
3	Desconocimiento del proceso			

FIGURA 3.26: Vista parcial de factores para generar el diagrama de causa-efecto.

**Paso 2.** Seleccionar la ruta para generar el diagrama de causa-efecto:

Elija Estadísticas > Herramientas de calidad > Causa y efecto.

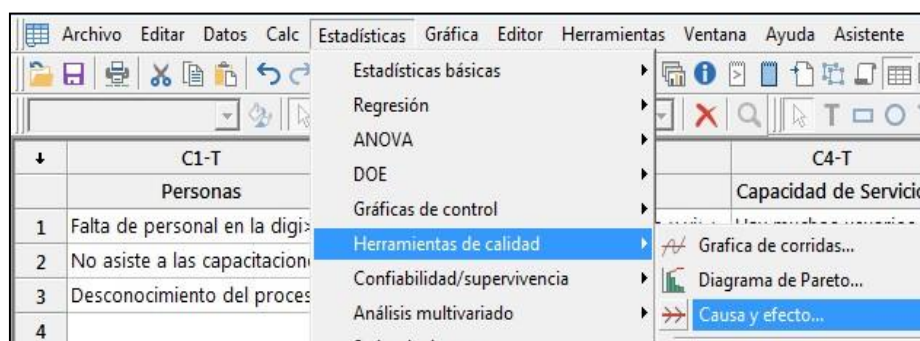


FIGURA 3.27: Selección en minitab del diagrama de causa-efecto.

Ramal	Causas	Etiqueta
1	En columna	Personal
2	En columna	Máquinas
3	En columna	Material
4	En columna	Métodos
5	En columna	Mediciones
6	En columna	Medio ambiente
7	En columna	
8	En columna	
9	En columna	
10	En columna	

Efecto:

Título:

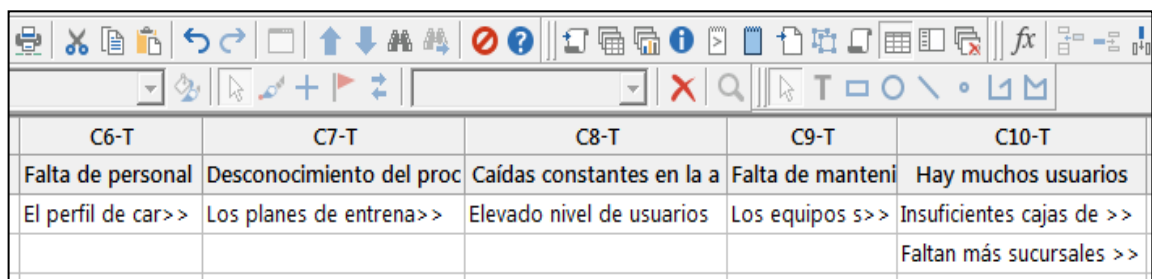
☐ No etiquetar los ramales

☐ No mostrar ramales vacíos

FIGURA 3.28: Selección de factores para la construcción del diagrama.

En esta pantalla se seleccionan los siguientes datos:

- En el renglón para el Ramal 1, asegurarse de que aparece la opción “En columna” en el menú desplegable.
- En el campo en blanco en Causas para Ramal 1, ingrese Personas.
- Para los siguientes 3 ramales ingresar Sistema, Método y Capacidad de servicio.
- En el campo Etiqueta, insertar Personas, Sistema, Método y Capacidad de servicio.
- En Efecto, escribir Tiempo de espera mayor a 60 minutos para los usuarios de un Banco “X”.
- Seleccionar el recuadro No mostrar ramales vacíos.



C6-T	C7-T	C8-T	C9-T	C10-T
Falta de personal	Desconocimiento del proc	Caídas constantes en la a	Falta de manteni	Hay muchos usuarios
El perfil de car>>	Los planes de entrena>>	Elevado nivel de usuarios	Los equipos s>>	Insuficientes cajas de >>
				Faltan más sucursales >>

FIGURA 3.29: Sub causas del problema.

- Sub causas del problema. Para insertar a las causas subcausas seguimos los siguientes pasos:
  - Seleccionar el botón Sub de cada ramal al cual requiere agregarle sub ramales (aparece la figura que sigue).
  - Asegurar que aparezca la opción En columna en el menú desplegable. Utilice la información en Etiqueta para saber qué subramal agregar.

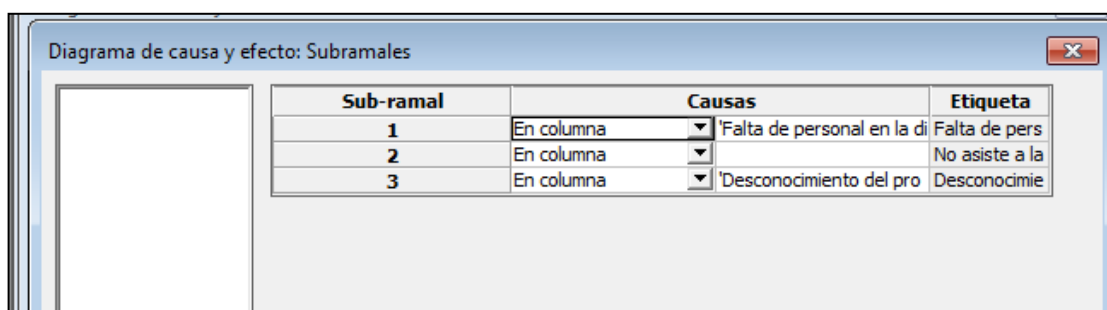


FIGURA 3.30: Selección de causas de un subramal.

- Seleccionar Aceptar en las 2 pantallas que han aparecido durante los pasos previos.

- Al seleccionar aceptar se genera el diagrama que se muestra a continuación:



FIGURA 3.31: Diagrama de causa-efecto en minitab.

Una limitante de minitab es que solo pueden agregarse dos sub ramales.

**Paso 3.** Después de generar el diagrama se deben determinar las causas más probables y definir las acciones para eliminar estas causas probables.

En este ejemplo, las acciones que se implementaron se describieron en el paso 7 de la elaboración manual del diagrama de causa y efecto.



### 3.3.4. HISTOGRAMA

El antecesor más directo del histograma es el gráfico de barras. La primera referencia a los gráficos de barras se aplicó en 1786 en el libro “The Commercial and Political Atlas”, del economista político escocés William Playfair (1759 – 1823). La representación de datos continuos en gráficos se dio a partir de 1830. En 1833, el francés A.M. Guerry utilizó gráficos de barras para representar datos sobre crímenes, tras haber clasificado los datos en intervalos para después reproducirlos en histogramas (Ross, 2005).

En 1846, Adolphe Quetelet hizo un uso sistemático de los histogramas; Quetelet y sus estudiantes demostraron la utilidad del análisis gráfico en el desarrollo de las ciencias sociales (Ross, 2005).

Durante la segunda mitad del siglo XIX, la mayor parte de los estadísticos comenzaron a creer que el comportamiento de un conjunto de datos presentaba un histograma que seguía la forma acampanada gaussiana, y se aceptó que era “normal” que cualquier conjunto de datos siguiera esta curva (Ross, 2005). En 1892 Karl Pearson denotó a esta curva con el nombre de “distribución normal” como una forma más adecuada para hablar del comportamiento de los datos de un proceso.

#### **Definición, objetivo y usos de un histograma**

Un histograma muestra gráficamente (con barras) los datos agrupados y ordenados. El objetivo de un histograma es visualizar la dispersión, el centrado y la forma del grupo de los datos que se desean analizar.

El ordenamiento de las barras en un histograma puede tomar la figura de una campana: a partir de una barra de mayor altura ubicada en el centro,

las barras de ambos lados disminuyen gradualmente de altura. Esto se debe a que la frecuencia con que ocurre la característica objeto de observación, tiene casi siempre una tendencia central.

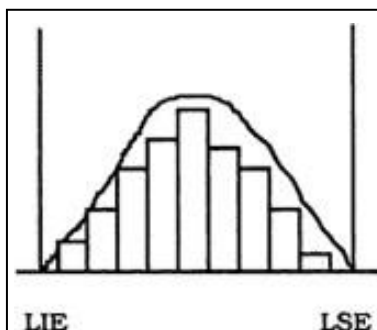


FIGURA 3.32: Curva de distribución normal.

Cuando en el histograma se señalan los límites de especificación, la gráfica proporciona una visión general del comportamiento del proceso con respecto a dichos límites, que son definidos por el cliente.

Los histogramas son muy útiles para:

- Realizar un diagnóstico del proceso, al compararlo con las características de una distribución normal, así como con las especificaciones (Arrona, 1990, p. 60).
- Verificar la efectividad de los cambios introducidos.
- Introducir los cambios necesarios para modificar y centrar la gráfica si no se ajusta a lo que se desea, o apoyar un control periódico del proceso.

Las formas más comunes que puede adoptar un histograma son las que aparecen en la figura 3.33.

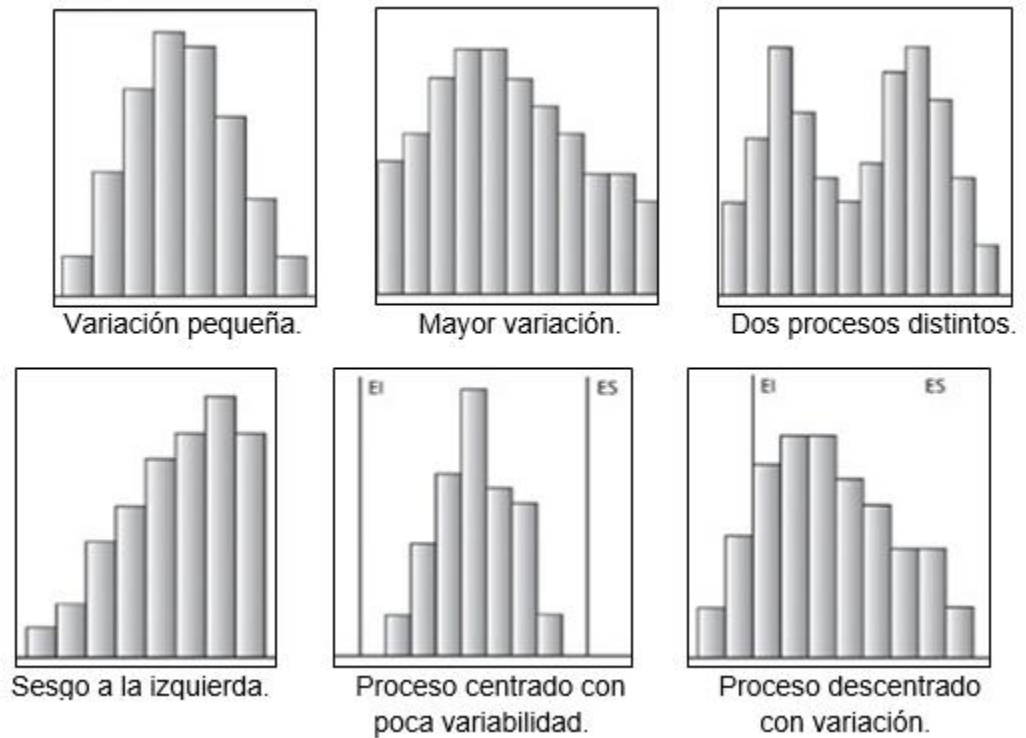


FIGURA 3.33: Tipos de distribución de un histograma.

### Pasos para construir un histograma

**Paso 1.** Recolectar los datos:  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ .

**Paso 2.** Seleccionar los valores máximos ( $x_{\text{máx}}$ ) y mínimo ( $x_{\text{mín}}$ ) de los datos.

**Paso 3.** Determinar la unidad mínima ( $a$ ) con la que se van a trabajar los datos.

Ejemplo:

Datos			a
13.999	10.765	9.452	0.001
14.21	10.95	6.19	0.01
18.5	12.4	10.9	0.1

**Paso 4.** Determinar el número posible de datos con la siguiente ecuación:

Ecuación 4 
$$D = \frac{x^{max-xmin}}{a} + 1$$

Donde:

D= número posible datos;            a=unidad mínima

**Paso 5.** Determinar el número de intervalos o clases en función del número de datos considerando dos criterios de selección:

- a) Seleccionar el número de intervalos con base en el número de datos a clasificar, según la siguiente tabla:

TABLA 3.6: Número de intervalos.

Número de datos a clasificar	Número de Intervalos
Menos de 50	5 a 7
De 50 a 100	6 a 10
100 a 250	7 a 12
Más de 250	10 a 20

El número de intervalos no debe ser menor que 4 ni mayor que 20, para poder obtener una óptima distribución.

- b) Por medio de la fórmula de Sturges se calcula el número aproximado de intervalos (k).

Ecuación 5 
$$k = 1 + 3.322 \log(n)$$

Donde:

k= número de intervalos o clases      n= número total de datos

**Paso 6.** Determinar el tamaño de clases.

Ecuación 6 
$$C = \frac{(D)}{\sqrt{n}} * a$$

Donde:

c= tamaño de la clase

D= número de datos posibles n= número de datos

a= unidad mínima

**Paso 7.** Determinar el límite inferior de la primera clase con la siguiente ecuación:

Ecuación 7 
$$C1 = x_{\min} - \frac{a}{2}$$

Donde:

c1= límite inferior de la 1ra clase x<sub>mín</sub> = valor mínimo

a= unidad mínima

**Paso 8.** Determinar los demás límites de clases, como se muestra en la tabla 3.7.

TABLA 3.7: Límites de las clases.

Límite inferior de clase	Límite superior de clase	Valor medio
$c_1$	$c_1 + c$	$c_1 + \frac{c}{2}$
$c_1 + c$	$c_1 + 2c$	$c_1 + \frac{3c}{2}$
$c_1 + 2c$	$c_1 + 3c$	$c_1 + \frac{5c}{2}$

**Paso 9.** Efectuar la clasificación de datos en cada intervalo para determinar la frecuencia de cada clase ( $f_i$ ).

**Paso 10.** Generar una tabla de distribución de frecuencias la cual establezca los siguientes datos:

TABLA 3.8: Ejemplo de tabla de distribución de frecuencias.

No. de Clases	Intervalos de clase	Frecuencias de clase o frecuencias absolutas
1		
2		
3		
:		
n		

**Paso 11.** Elaborar el histograma y anotar:

- a) El valor de  $\bar{X}$  (media).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Ecuación 8

$x_i$ = Valor observado

$n$ = tamaño de la muestra

b) El valor de  $S$  (desviación estándar).

Ecuación 9

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

Donde:

$\sum$ = Sumatoria

$x_i$ = Valor observado

$\bar{X}$ = Media

$n$ = tamaño de la muestra

c) Dibujar la línea que representa a  $\bar{X}$  y los límites de especificación, si existen.

**Paso 12.** Interpretar y analizar resultados.

### Ejemplo

Se tomó la información de los diámetros de 20 pernos cuya especificación es  $2.8895 \pm 0.0015$  in. Elaborar un histograma y realizar su interpretación (Escalante, 2006, p. 60).

TABLA 3.9: Datos del diámetro de pernos.

No. de Perno	Diámetro (in)	No. de Perno	Diámetro (in)
1	2.8875	11	2.8880
2	2.8891	12	2.8893
3	2.8895	13	2.8899
4	2.8893	14	2.8883
5	2.8897	15	2.8903
6	2.8886	16	2.8915
7	2.8898	17	2.8901
8	2.8909	18	2.8903
9	2.8902	19	2.8889
10	2.8899	20	2.8883

### 3.3.5. DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN

El primer caso registrado de representaciones estadísticas se debe a Edmund Halley (1656 – 1742), con sus análisis gráficos de las presiones barométricas en función de la altitud. En 1686 se publicaron los primeros gráficos en los cuales utilizó el sistema de coordenadas cartesianas introducido por Rene Descartes y Pierre de Fermat en sus trabajos de geometría analítica. Halley presentó un diagrama de dispersión y fue capaz de ajustar una curva a los puntos del gráfico (Ross, 2005).

El diagrama de dispersión tal como lo conocemos fue creado por John Frederick William Herschel (1792 – 1871), matemático, astrónomo, químico, inventor y fotógrafo.

El 13 de enero de 1832, Herschel presentó su publicación “On the investigation of the orbits of revolving double stars” a la Royal Astronomical Society en Inglaterra. Acompañó su presentación de cuatro figuras, que



constituyen los primeros diagramas de dispersión formales. Los cuatro gráficos no fueron reproducidos, por lo que no han sido encontrados en los archivos de la Royal Astronomical Society (Garro, 2017).

#### 3.3.6. ESTRATIFICACIÓN

Es un procedimiento que permite dividir el problema en sus partes principales, en sus componentes, para poder analizar más claramente cuál es la razón por la cual surgió el problema de estudio.

El proceso consiste en tomar los datos y formarlos por clase: consecuencias, imperfecciones, etc. Así, se agrupan los datos con base en lo similares que sean con otros, y se forman categorías.

Según Vázquez (s.f.), los pasos para llevarla a cabo son:

**1° Paso:** hallar la forma en que llevemos a cabo la estratificación de nuestros datos, mediante la herramienta de tormenta de ideas.

**2° Paso:** organizar o acomodar los datos que tenemos de tal forma que haya cierta coherencia.

**3° Paso:** construcción de las gráficas, con el diagrama de Pareto.

**4° Paso:** ya observando que nuestros datos están de manera estratificada, vamos a llevar un pequeño estudio acerca de las desigualdades con el resto de la información (datos). Y otra vez haremos empleo de una herramienta que es el histograma, para ver si está cerca de la resolución de la problemática.

**5° Paso:** si encontramos ciertos datos que al parecer no tienen similitud con el resto, tenemos que averiguar por qué no son similares, utilizando el Diagrama de Ishikawa.

La estratificación hace uso de las demás herramientas que ya se han mencionado anteriormente, por lo que se puede decir que engloba a las demás herramientas.

### 3.3.7. GRÁFICA DE CONTROL

Se considera a Walter Shewhart (1891 – 1967) el originador de esta gráfica. Nació en New Canon, Illinois.

Estudió en la Universidad de Illinois y obtuvo su grado de doctor en Física en la Universidad de California en 1925. Se unió en 1918 al departamento de ingeniería de inspección de la fábrica de teléfonos Western Electric. Shewhart estaba asignado para estudiar el micrófono de carbón y desarrollar técnicas experimentales para medir sus propiedades, y se vio involucrado en el desarrollo y la aplicación de métodos estadísticos que en ese momento eran nuevos para la ingeniería. El 16 de mayo de 1924 Shewhart envió un memorándum a su supervisor George Edwards, donde mostraba el primer gráfico de control e indicaba cómo usarlo (Garro, 2017).

Parte del texto decía: “la forma adjunta de reporte está diseñada para indicar si las variaciones observadas en el porcentaje de aparatos defectuosos de un tipo dado son significativas; esto es, para indicar si el producto es satisfactorio o no” (Levin y Rubin, 2005).

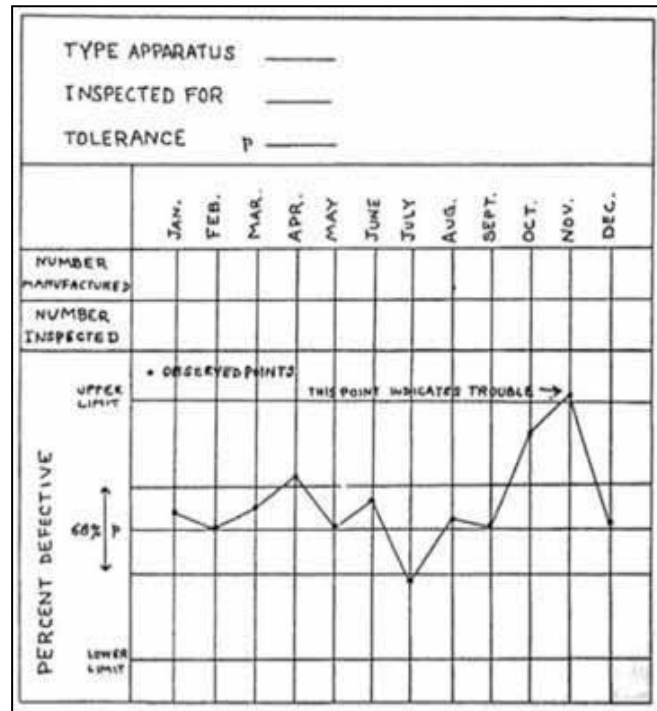


FIGURA 3.34: Gráfica de control de Shewhart.

### 3.4. MÉTODO DELPHI

El método Delphi, (o método Delfos) se usa para determinar y solucionar problemas, es un método práctico. Se trata de una técnica de investigación que tiene el propósito de realizar pronósticos sistemáticos y predicciones que requieren de una interacción estructurada sobre un tema entre un grupo de expertos (Cruz, s.f.).

Citando a Cruz, s.f:

Esta técnica puede llegar a incluir por lo menos dos rondas de expertos, capaces de responder preguntas y justificar sus respuestas, brindando la oportunidad por medio de rondas de cambios y revisiones. En este método, se tratan de agrupar diversas opiniones de un grupo de diferentes expertos, sin necesidad de tener que reunirlos a todos de forma física. Esto se debe a que las respuestas de cada uno de los participantes son totalmente anónimas, por lo tanto, los panelistas no se tienen que preocupar por las consecuencias de sus opiniones.

¿Para qué sirve el método Delphi? Este método suele utilizarse mayormente como predicción en empresas, para poder identificar diversas tendencias en el mercado y lograr adelantarse a ellas. La aplicación de esta técnica de prospección permite a las empresas destacarse ante todos sus competidores, ya que se pueden adelantar a las necesidades de los usuarios y, de esa forma, ofrecerles productos y servicios que se inclinen lo más cerca posible a su demanda.

Es una herramienta sumamente importante al momento de la toma de decisiones, para evitar que la empresa sea afectada por causa de diversos ámbitos, como los precios o la distribución de la comunicación externa.

## **Ventajas y desventajas del método Delphi**

### **- Ventajas**

- Facilita información valiosa que proviene de diversos expertos que figuran altamente dentro del negocio.
- Por ser totalmente anónimo, les resta gran presión y condicionamientos a todos los participantes.
- Se puede realizar de manera rápida si los expertos tienen buena disposición.
- El control interactivo que se le da a los participantes da la oportunidad de disminuir el ruido que tengan al momento de expresar la segunda opinión.
- Permite formar un criterio acertado de la problemática que se plantea con un gran nivel de objetividad.

### **- Desventajas**

- Necesita de un buen enfoque del cuestionario para lograr el método eficazmente.
- La presencia de un consenso en las opiniones no garantiza su éxito.
- Es necesaria la participación de expertos que no tengan fácil acceso.
- Los participantes no pueden elaborar sus propias opiniones y tampoco pueden dialogar entre ellos.

## **Fases del método Delphi**

Este método comprende las fases siguientes:

## 1. Definición de objetivos

Primero se formula el problema a resolver, y se establece un objetivo general. Este está compuesto por el objetivo que se va a estudiar, por el marco espacial de referencia y por el tiempo de estudio.

## 2. Selección de los expertos

La segunda fase se basa en dos dimensiones:

- La dimensión cualitativa. Se selecciona según el objetivo preseleccionado y en función a los criterios de experiencia que tengan acceso a la información y disponibilidad.
- La dimensión cuantitativa. Depende del tamaño de la muestra, de los recursos y del tiempo disponible.

## 3. Formación del panel

Esta fase comienza con la captación que conduce a la configuración de un panel sólido. Para esto se les debe informar sobre:

- Los objetivos del estudio.
- La selección de criterios.
- El máximo tiempo de duración.
- Los usos y resultados esperados.
- Recompensa del informe final.
- Elaboración y lanzamiento de los cuestionarios.

Se realizan encuestas, que sean sencillas para que las personas cuestionadas no tengan dificultad en responder. Todas las respuestas deben ser cuantificadas y ponderadas.

#### 4. Explotación de los resultados

En la última fase, los cuestionarios deben disminuir y precisar la opinión consensuada. Al enviarse el segundo cuestionario, los expertos deben estar informados de los resultados de la primera consulta y transmitir una nueva respuesta. Se clasifican las diferencias y se realiza una evaluación de estas.

#### **Características del método Delphi**

Entre las características más relevantes se encuentran:

- Los expertos anónimos se pueden conocer, sin embargo, no necesitan identificar las opiniones que se relacionan con la idea que se encuentra en consulta.
- Presentar repetidas veces el mismo cuestionario para obtener una interacción controlada.
- Las respuestas del grupo deben reflejarse de manera estadística, ya que la información es la opinión de los expertos según el grado como se haya obtenido.
- El panel de los expertos es heterogéneo, debido a que pueden participar de diferentes líneas de actividad.
- 

#### *Aplicación del método Delphi en una empresa*

El objetivo de las empresas es perpetuarse en el tiempo, para poder lograr una gran retribución económica. Para que esto sea posible, se deben realizar planes estratégicos que den a conocer todo el entorno en donde se mueve su actividad.

Existen muchas técnicas que pueden estimar el futuro de la empresa, pero la más destacada es la del método Delphi, ya que es un instrumento que

permite contar con información sobre lo que pasará en el futuro, debido a que los expertos pueden llevar a cabo un sondeo de cómo evolucionará el negocio.

La mayor ventaja de este método, es que podemos prescindir de un líder dentro de los expertos consultados, por lo que se hace más equitativa, no confía solo en una sola persona. Esto es porque es una técnica totalmente anónima, por lo tanto, puede lograr conseguir resultados con mejores perspectivas.

No obstante, es esencial que la encuesta que se aplique sea la correcta, con preguntas concretas, que permitan llegar a la solución, y que sean cuantificables.

En general, este eficiente método se puede utilizar en una gran cantidad de variables que se relacionen con la investigación, las áreas de producción, el sector de recursos humanos, la mercadotecnia y, sobre todo, la planificación estratégica de las empresas para ayudarles en su toma de decisiones.



## Capítulo 4

### 4. CASO DE ESTUDIO

---

#### 4.1. LA EMPRESA

Para continuar con esta investigación, se aplicará la metodología propuesta con la finalidad de verificar su funcionalidad, así como la importancia que tiene llevar a cabo un proceso estructurado al efectuar la selección y evaluación de proveedores de autopartes.

En este capítulo se realiza la implementación de cada etapa de la metodología en una empresa. El nombre de esta empresa se omite por políticas de confidencialidad, no obstante, se brindan las facilidades para la consecución de este proyecto. Esta sección describe el procedimiento de manera detallada para cumplir con el objetivo de la investigación, para demostrar su efectividad y para ofrecer una mejora a nivel operacional, que contribuya en los procesos actuales de la organización.

#### 4.2. SITUACIÓN ACTUAL

La empresa fabricante de lámparas automotrices está presentando las siguientes situaciones:

- Incumplimiento de pedidos a sus clientes.
- Rechazos de calidad en sus productos.
- Pagos por penalizaciones de paro de línea.
- Mala reputación y desprestigio.

La situación se ha complicado debido a que, recientemente tuvo lugar un evento desafortunado, que causo un paro de línea para uno de los principales clientes de la empresa. Por ellos, se ha convocado una reunión directiva para tomar acciones inmediatas.

### 4.3. EVALUACIÓN DE CALIDAD

#### 4.3.1. APLICACIÓN DE DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Después de haber revisado las técnicas para el análisis de los problemas, y con base en la problemática que se estaba presentando en la empresa, se decidió utilizar el diagrama de causa y efecto de Ishikawa, para llegar a la causa raíz del problema.

Debido a que la empresa estaba presentando problemas de rechazos en sus lámparas, se hizo importante revisar qué es lo que estaba afectando al proceso productivo. Por ello, se tomaron en cuenta todas las posibles causas que estaban contribuyendo a al problema de los rechazos.

En la figura 4.1. se puede ver la representación del análisis de las 6M's, el cual muestra las mayores afectaciones, dando como resultado que la mayor afectación sobre los rechazos de calidad está basada en los materiales.

#### 4.3.2. APLICACIÓN DE DIAGRAMA DE PARETO

Ya con el conocimiento de que el área de materiales estaba afectando considerablemente los rechazos de calidad, se tomaron datos de los indicadores de calidad de los productos que más problemas de rechazo tenían, para analizarlos.

Se consideró un periodo de seis meses con estos datos recabados, y se encontró que la lámpara modelo LP7 era la que más rechazos tenía, como lo muestra la figura 4.1.

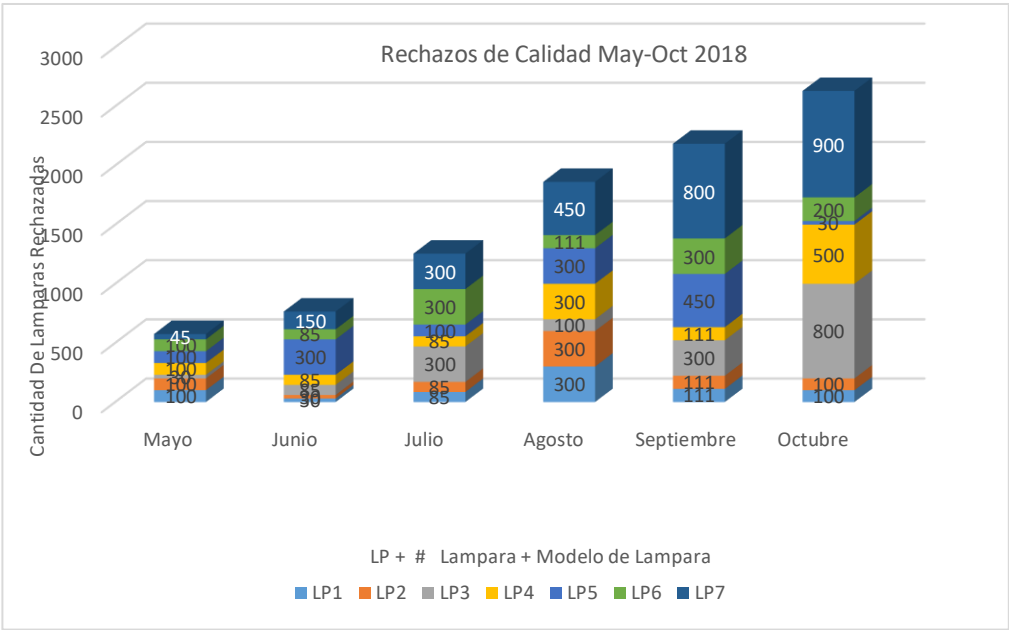


FIGURA 4.1: Indicadores de rechazos de calidad de lámparas. Fuente: la empresa.

El ensamble de lámpara LP7 se compone de once números de partes, como lo muestra la figura 4.2.

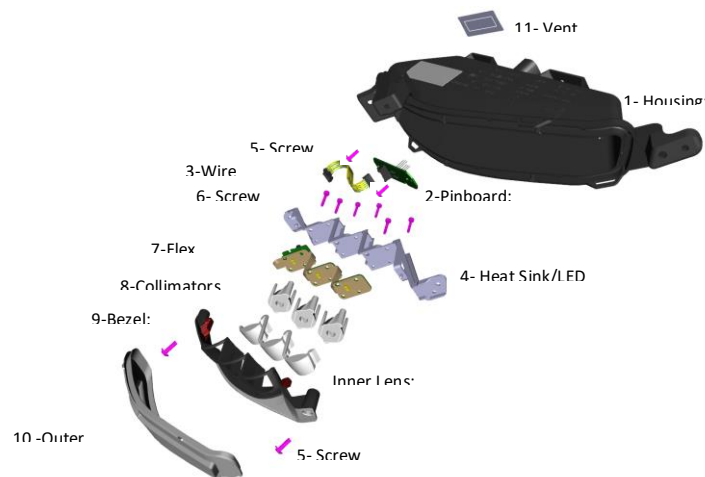


FIGURA 4.2: Diagrama de ensamble de la Lámpara LP7. Fuente: la empresa.

TABLA 4.1: Componentes de ensamble de la lámpara LP7. Fuente: la empresa.

#	Componente	Total	Proveedor	Ubicación
2	Pin board:	270	A	Europa
3	Wire Harness:	50	B	Nacional
5	Screw (x2)	10	D	Europa
6	Screw (x6):	10	D	Asia
1	Housing	99	In House	Planta
10	Outer Lens	99	In House	Planta
4	Heat Sink/LED Retainer	40	C	Asia
7	7-Flex Circuit:	40	F	Europa
8	Collimators (x3)	0	G	Nacional
9	Bezel	0	In House	Local
11	Vent Patch:	0	H	Planta

La lista de componentes del ensamble de la lámpara LP7 se muestra en la tabla 4.1. Se procedió a analizar estos componentes más a detalle, para graficarlos en un diagrama de Pareto (figura 4.3).

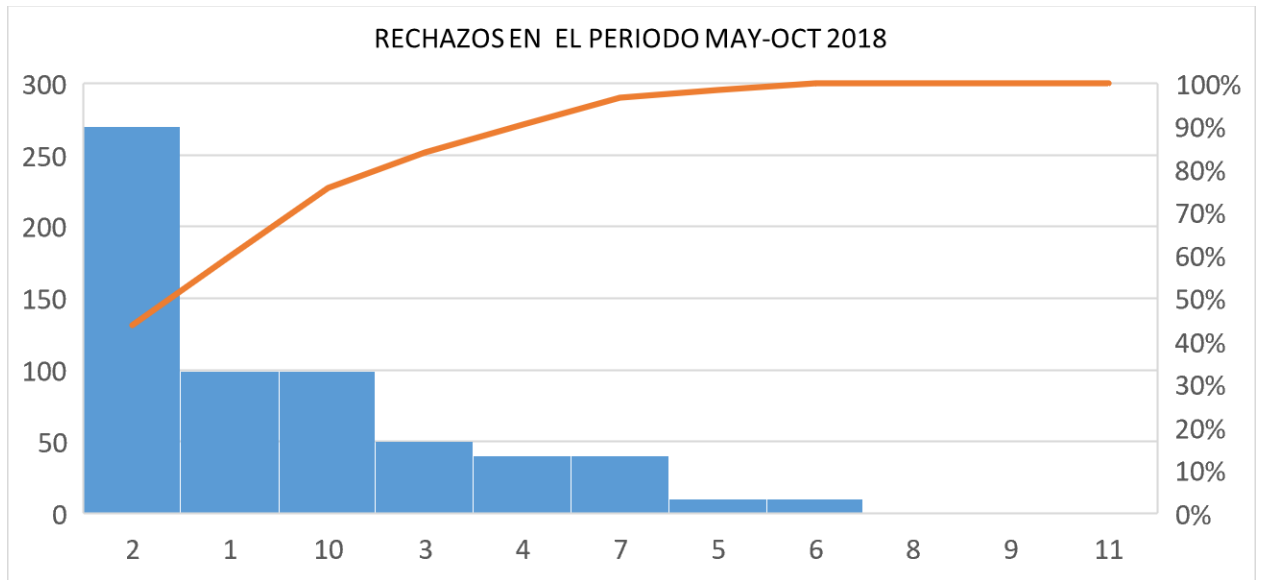


FIGURA 4.3: Diagrama de Pareto. componentes rechazados a proveedor lampara LP7. Fuente: la Empresa.

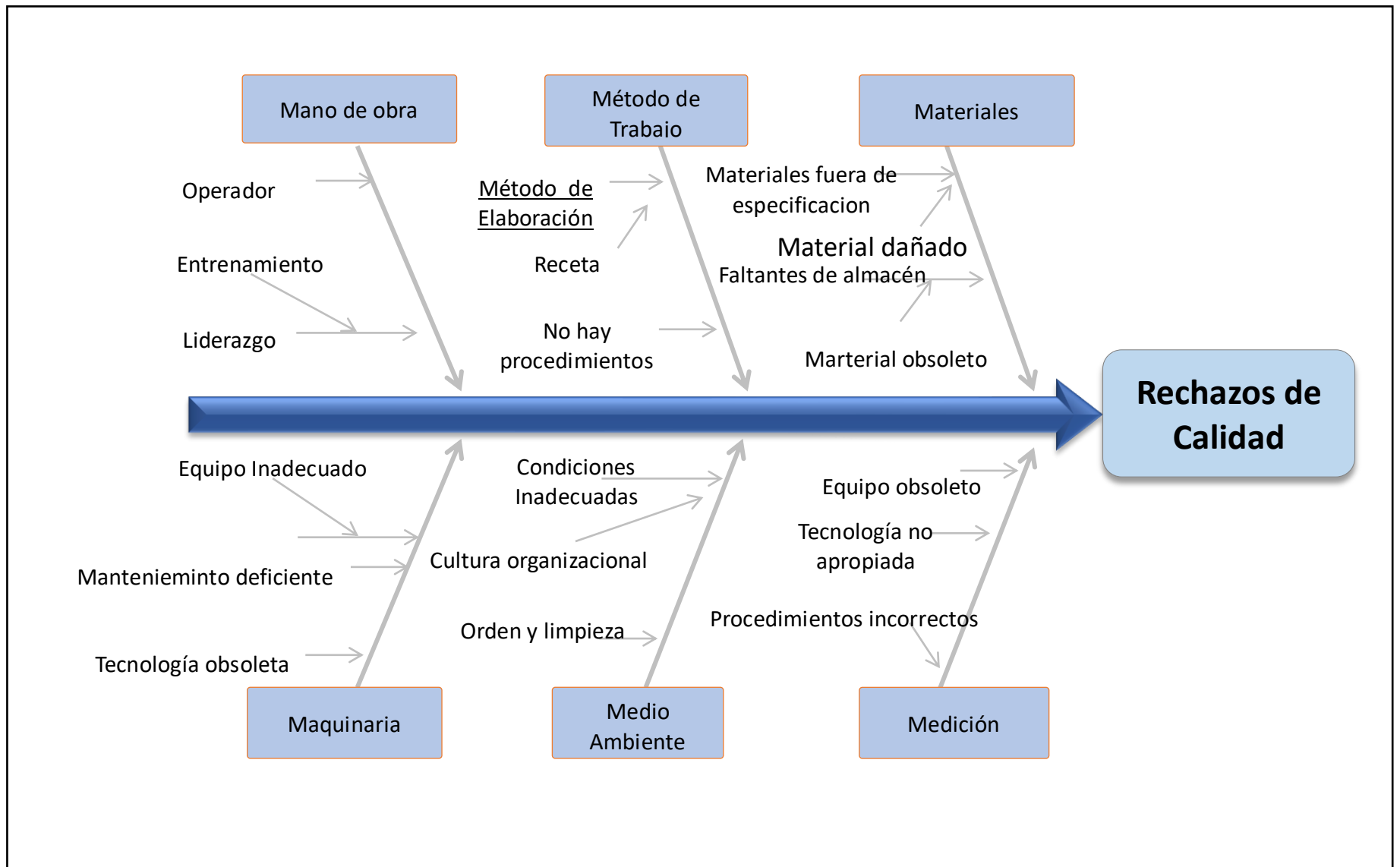


FIGURA 4.4: Diagrama de Ishikawa tipo 6M. Rechazos de Lámparas. Fuente: la Empresa.

#### 4.4. DECLARACIÓN DEL PROBLEMA

Después de realizar el análisis con dos de las 7 herramientas de calidad, se encontró que la tarjeta electrónica #2 del proveedor, tiene una calidad inconsistente con los parámetros requeridos por los clientes, lo que ocasiona rechazos de calidad. Esto provoca los incumplimientos de la empresa y, a su vez, paros de línea e incumplimientos de los clientes hacia los clientes finales de estos.

Para seguir los procesos de la alta dirección, fue necesario que se presentaran los resultados de los análisis de calidad. La empresa convocó una reunión con el comité directivo, en la que se informó sobre el problema de la tarjeta electrónica y los problemas de calidad con el proveedor actual. Como consecuencia, el comité solicitó tomar acciones inmediatas para mejorar esta problemática.

#### 4.5. PROPUESTA DE MEJORA

Se le propone al comité directivo desarrollar un proceso de evaluación y selección de proveedores que ofrezca mejores filtros.

La respuesta del comité fue aprobatoria, con la condición de que ellos participen en el desarrollo de los criterios para la evaluación. Con base en esto, el método Delphi es el que mejor se adapta a estas necesidades, de acuerdo con la metodología descrita en el capítulo 3.

#### 4.5.1. SELECCIÓN DEL GRUPO DE EXPERTOS

Para la selección del grupo de expertos, se eligieron cinco personas representantes del comité directivo: los directores de Logística, Finanzas, Manufactura, Compras y Calidad.

#### 4.5.2. SELECCIÓN DE CRITERIOS

Para seleccionar los criterios más importantes, se presentó una lista de criterios, a partir de la literatura, que fueron los siguientes:

##### Confianza

- Confianza entre empresas
- Confianza interpersonal

##### Calidad

- Calidad del producto
- Calidad de Fabricación

##### Precio

- Costo directo
- Costo indirecto

##### Entrega

- Cumplimiento en el debido tiempo
- Cumplimiento de cantidad

##### Gestión y organización

- Ambiente
- Historial de Rendimiento
- Facilidad y capacidad Técnica

##### Financiero

- Fabricación
- Producto

##### Garantías



- Servicio
- Productos

## Reputación

De los criterios presentados, se seleccionaron cinco que se consideraron importantes, los cuales fueron:

- Calidad y aceptación final
- Precio
- Tiempo de entrega
- Capacidad financiera
- Garantías

Posteriormente, el grupo de expertos sugirió agregar los siguientes:

- Tecnología
- Flexibilidad a los cambios
- Certificaciones
- Servicio al cliente
- Actividad comercial

### 4.5.3. PONDERACIÓN DE CRITERIOS

Una vez que se seleccionaron los criterios que, para el grupo de expertos, se consideraron más importantes, se procedió a realizar la ponderación, tal y como lo muestra la tabla 4.2.

TABLA 4.2: Tabla de encuestados y ponderaciones de criterios.

No.	CRITERIOS	ENCUESTADOS					Concidencias	Ponderacion
		1	2	3	4	5		
1	Calidad y Aceptacion Final	✓	✓	✓	✓	✓	5	17%
2	Costos	✓	✓	✓	✓	✓	5	17%
3	Tiempo Entrega	✓		✓	✓	✓	4	13%
4	Flexibilidad a los cambios		✓	✓		✓	3	10%
5	Servicio a Cliente	✓			✓	✓	3	10%
6	Actividad Comercial	✓		✓			2	7%
7	Capacidad Financiera		✓			✓	2	7%
8	Certificaciones		✓	✓			2	7%
9	Garantias			✓	✓		2	7%
10	Tecnologia	✓	✓				2	7%
							30	100%

#### 4.5.4. MATRIZ DE EVALUACIÓN

Una vez que se tuvieron los criterios ya ponderados, se procedió a la elaboración de la matriz de evaluación, cuya función es cuantificar las calificaciones para obtener la evolución final.

#### 4.6. RESULTADOS

Con la matriz de evaluación, se le realizó una auditoría al proveedor actual de la tarjeta electrónica, dando como resultado lo que muestran las figuras 4.5. y 4.6.

MATRIZ DE EVALUACION DE PROVEEDOR							
	FECHA DE EVALUACION						
	CODIGO DE PROVEEDOR						
	NOMBRE DE PROVEEDOR						
	DIRECCION DE PROVEEDOR						
	FAMILIA/PRODUCTO QUE SE FABRICA						
	NOMBRE DEL AUDITADO						
	NOMBRE DEL AUDITOR						
		ESCALA DE EVALUACION DE CRITERIO					
Peso Ponderado	CRITERIOS	DEFICIENTE	REGULAR	MEDIO	BUENO	EXCELENTE	PUNTUACION
		20%	40%	60%	80%	100%	
16.7	CALIDAD Y ACEPTACION FINAL					0	0
							0.0
16.7	PRECIO					0	0
							0.0
13.3	TIEMPO DE ENTREGA					0	0
							0.0
10.0	FLEXIBILIDAD A LOS CAMBIOS					0	0
							0.0
10.0	SERVICIO AL CLIENTE					0	0
							0.0
6.7	ACTIVIDAD COMERCIAL					0	0
							0.0
6.7	CAPACIDAD FINANCIERA					0	0
							0.0
6.7	CERTIFICACIONES					0	0
							0.0
6.7	GARANTIAS					0	0
							0.0
6.7	TECNOLOGIA					0	0
							0.0
CALIFICACION FINAL							0
Observaciones:							
	0 - 79 = PROVEEDOR EN ROJO - NO PROVEER NEGOCIO SIN APROBACION DE LA GERENCIA Y BAJO CONTRATO						
	80 - 90 = PROVEEDOR AMARILLO -OTORGAR NEGOCIO CONDICIONADO A MEJORAR						
	91 - 100 = PROVEEDOR VERDE- OTORGAR NEGOCIO CONFIABLEMENTE						

FIGURA 4.5: Matriz de evaluación de proveedor.

MATRIZ DE EVALUACION DE PROVEEDOR							
	FECHA DE EVALUACION	XXXXX					
	CODIGO DE PROVEEDOR	XXXXX					
	NOMBRE DE PROVEEDOR	XXXXX					
	DIRECCION DE PROVEEDOR	XXXXX					
	FAMILIA/PRODUCTO QUE SE FABRICA	XXXXX					
	NOMBRE DEL AUDITADO	XXXXX					
	NOMBRE DEL AUDITOR	XXXXX					
	ESCALA DE EVALUACION DE CRITERIO						
Peso Ponderado	CRITERIOS	DEFICIENTE	REGULAR	MEDIO	BUENO	EXCELENTE	PUNTUACION
		20%	40%	60%	80%	100%	
16.7	CALIDAD Y ACEPTACION FINAL			1			0.6
							10.0
16.7	PRECIO				1		0.8
							13.3
13.3	TIEMPO DE ENTREGA		1				0.4
							5.3
10.0	FLEXIBILIDAD A LOS CAMBIOS					1	1
							10.0
10.0	SERVICIO AL CLIENTE					1	1
							10.0
6.7	ACTIVIDAD COMERCIAL					1	1
							6.7
6.7	CAPACIDAD FINANCIERA					1	1
							6.7
6.7	CERTIFICACIONES				1		0.8
							5.3
6.7	GARANTIAS					1	1
							6.7
6.7	TECNOLOGIA			1			0.6
							4.0
CALIFICACION FINAL							78
Observaciones: En base el resultado se requiere cambiar de proveedor y aplicar esta evaluacion antes y durante el desarrollo del mismo en periodos trimestrales							
	0 - 79 = PROVEEDOR EN ROJO - NO PROVEER NEGOCIO SIN APROBACION DE LA						
	80 -90 = PROVEEDOR AMARILLO -OTORGAR NEGOCIO CONDICIONADO A MEJORAR						
	91 - 100 = PROVEEDOR VERDE- OTORGAR NEGOCIO CONFIABLEMENTE						

FIGURA 4.6: Resultado de la evaluación de la tarjeta electrónica.

## Capítulo 5

### 5. CONCLUSIONES

---

En la junta de cierre del proyecto, se presentaron los resultados de la primera evaluación al proveedor, y de la evaluación de la tarjeta electrónica. Se confirma que, de continuar con el proveedor actual, el riesgo de incumplimiento con los clientes seguirá persistiendo.

La hipótesis se rechaza, ya que el proveedor propuesto y evaluado con el nuevo proceso de evaluación, no resuelve la problemática de la empresa. Por ello, se sugiere cambiar de proveedor, hacia uno que califique y cumpla con los criterios seleccionados en la matriz de evaluación desarrollada en este trabajo.

Como parte de este cambio se buscaría que el proveedor esté localizado dentro de la República Mexicana para que también se puedan obtener mejoras en costos logísticos.

#### 3.1. TRABAJO A FUTURO

La empresa buscará analizar la factibilidad de fabricar estas tarjetas electrónicas dentro de la planta, para que los controles de calidad estén en manos de la empresa y no se dependa de un proveedor externo.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- ARRONA, F.J. (1990). *Calidad, el secreto de la productividad*. México: Editora técnica.
- BALLOU, R. H. (2004), *Logística: administración de la cadena de suministro*, Pearson Educación, México.
- CASTILLO, H. F. (2019), «Costos logísticos», disponible en <https://prezi.com/b9iaay2np0ab/costos-logisticos/>.
- CEUPE (s.f.), «Gestión de la logística en la empresa», disponible en <https://www.ceupe.com/blog/gestion-de-la-logistica-en-la-empresa.html#:~:text=%E2%80%9CLa%20log%C3%ADstica%20es%20la%20parte,satisfacer%20los%20requerimientos%20de%20los.>
- CHOPRA, S. Y P. MEINDL (2013), *Administración de la Cadena de Suministro: Estrategia, planeación y operación*, quinta edición, Pearson Educación, México.
- COYLE, J., E. BARDI Y C. J. LANGLEY (2002), *The management of business logistics*, séptima edición, West Publising, Estados Unidos.
- COX, A. (2004), «The art of the possible: relationship management in power regimes and supply chains», *Supply chain management*, 9(5), págs. 346-356.
- CRUZ, R. (s.f.), «Técnicas de Planeación y Control. Método Delphi». *CourseHero*, disponible en <https://www.coursehero.com/file/66569682/Tarea-3-Metodo-Delphidocx/>.

- CUATRECASAS, L. (2010), *Gestión integral de la calidad: Implantación, control y certificación*, Profit Editorial.
- DICKSON, W. G. (1966), «An analysis of vendor selection systems and decisions». *Journal of Purchasing*, 2, págs. 5-20.
- DÍEZ DE CASTRO, E.C. (1997), *Distribución Comercial* McGraw-Hill / Interamericana, España.
- ERSHOVA, I., Y A. ESHOV (2016), «Development of a strategy of import substitution», *Procedia Economics and Finance*, 39, págs. 620 – 624.
- ESCALANTE, E.J. (2006). *Análisis y mejoramiento de la calidad*. Limusa.
- EVANS, J.R. (2008). *Administración y control de la calidad*. Cengage Learning.
- GALGANO, A. (1995). *Los 7 instrumentos de la calidad total*. Ediciones Díaz de Santos.
- GARRO, E. (2017), *7 herramientas de la calidad*. PXS School of Excellence.
- GUERRA, F.J. (2015), «Benkei, el guerrero que murió de pie», disponible en <https://sendasdelviento.es/personajes-historicos/benkei-el-guerrero-que-murio-en-pie/>.
- GRIFUL, E. Y M. CANELA (2002), *Gestión de la Calidad*. Barcelona, Ediciones UPC.
- GUTIÉRREZ PULIDO, H. (2001). *Calidad total y productividad*. McGrawHill.
- HERRERA-UMANA, M. F. Y M. A. VINASCO-MOSQUERA (2005), «Modelo para la implementación y administración del programa de aseguramiento de proveedores de Coomeva y sus empresas, aplicando AHP difuso» [trabajo de Grado, Universidad del Valle], disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/eg/v22n99/v22n99a03.pdf>.

- HERRERA-UMAÑA, M., Y J. OSORIO-GÓMEZ (2006), «Modelo para la gestión de proveedores utilizando AHP difuso». *Estudios Gerenciales*, 99, págs. 69-88.
- JIMÉNEZ, J. (s.f.), «El sistema de alumbrado del vehículo», disponible en <https://www.ro-des.com/mecanica/sistema-alumbrado-del-coche-que-es/>.
- JIMÉNEZ-SANCHEZ, J. E. Y S. HERNÁNDEZ-GARCÍA (2002), «Marco conceptual de la cadena de suministro: un nuevo enfoque logístico», *Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Publicación Técnica*, 215, págs. 67-73.
- JURAN, J.M. (1984). *Juran's Quality Handbook*. McGraw Hill.
- KNEMEYER, A. M., W. ZINN Y C. EROGLU (2008), «Proactive planning for catastrophic events in supply chains», *Journal of Operations Management*, 26(4), págs. 536-54.
- KWONG, C.K. (2003), «Determining the importance weights for the customer requirements in QFD using a fuzzy AHP with extent analysis approach», *IEEE transactions*, 35, págs. 619-626.
- KRAUSE, D. Y L. M. ELLRAM (1997), «Success factors in supplier development», *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 27(1), págs. 39-52.
- LAMBERT, D. M., J. R. STOCK Y L. M. ELLRAM (1998), *Fundamentals of Logistics Management*, Mc Graw-Hill International Editions, Singapore.
- LAMBERT, D. M. Y M. A. SCHWIETERMAN (2012), «Supplier relationship management as a macro business process», *Supply chain management*, 17(3), págs. 337-352.



- LEENDERS, M. R. (1966), «Supplier development», *Journal of Purchasing*, 2(4), págs. 47-62.
- LEMKE, F., G. KEITH Y M. SZWEJCZEWSKI (2003), «Investigating the meaning of supplier-manufacturer partnerships: an exploratory study», *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 33, págs. 12-35.
- LEVIN, R.I. Y D. S. RUBIN (2005), Estadística para administración y economía. Pearson Educación.
- LÓPEZ, P. L. (2016), Herramientas para la mejora de la calidad. Métodos para la mejora continua y la solución de problemas. Fundación Confemetal.
- LUO, X., C. WU, D. ROSENBERG Y D. BARNES (2009), «Supplier selection in agile supply chains: an information-processing model and an illustration», *Journal of Purchasing and Supply Management*, 15(4), págs. 249-262.
- LUTHRA, S., K. GOVINDAN, D. KANNAN, S. K. MANGLA Y C. P. GARG (2017), «An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains», *Journal of cleaner production*, 140, págs. 1686-1698.
- NAVAS, M.E. (2009), «Wilfredo Pareto, una reseña de su obra», disponible en <http://socio-ciencia.blogspot.com/2009/10/wlfredo-pareto-una-resena-de-su-obra.html>.
- MARKSBERRY, P. (2012), «Investigating “the Way” for Toyota suppliers: a quantitative outlook on Toyota's replicating efforts for supplier development», *Benchmarking: an international journal*, 19(2), págs. 277 – 298.

- MARTIN, C. (1992), *Logistics and supply chain management. Strategy for reducing costs and improving services*, Pitman Publishing, Estados Unidos.
- MERRIAM-WEBSTER'S DICTIONARY AND THESAURUS (2006), Merriam-Webster Incorporated.
- MIRANDA GONZÁLEZ, F. J., A. CHAMORRO MERA Y S. RUBIO LACOBIA (2007), *Introducción a la gestión de la calidad*, Delta Publicaciones, Madrid.
- MORONES, D. (2011), *Modelo de escenarios de decisión para envíos de lotes fijos en inventarios con revisión periódica: El Caso de Secuenciado en CEVA Logistics*. [tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología, COMIMSA-CONACYT, Saltillo, Coahuila]. Repositorio institucional COMIMSA, disponible en <https://comimsa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1022/290/1/Tesis%20Dario%20Morones%20R.pdf>
- MORTON, R. (1996), «Direct response shipping», *Transportation & Distribution*, 37(4), págs. 32-36.
- ORTIZ, M., F. MÁRQUEZ, O. ORAMAS Y Y. MARRERO (2018), «Metodología para la evaluación de proveedores. Caso de estudio: Empresa Especializada Importadora, Exportadora y Distribuidora para la Ciencia y la Técnica (EMIDICT)». *Revista Espacios*, 39 (27), pág. 24.
- PARRA, A. M. (2019), «Descubre qué es el diagrama de Pareto y sus múltiples utilidades», disponible en <https://rockcontent.com/es/blog/diagrama-de-pareto/>.
- POIRIER, C.C. (2004), *Using models to improve the supply chain*, St Lucie Press, Dallas.

- REATEGUI-VELA, A. O. (2011), «Gestión de calidad de las empresas comercializadoras de agua de mesa de la provincia de San Martín» [tesis de maestría, Universidad Nacional de San Martín Tarapoto], disponible en <https://es.scribd.com/document/405698036/T-1>.
- ROSS, S. M. (2014), Introducción a la estadística. Editorial Reverté.
- SAKO, M. (2004), «Supplier development at Honda, Nissan and Toyota: comparative case studies of organizational capability enhancement», *Industrial and Corporate Change*, 13 (2), págs. 281-308.
- SARACHE, W. A., C. HOYOS MONTTOYA Y J. J. C. BURBANO (2004), «Procedimiento para la evaluación de proveedores mediante técnicas multicriterio», *Scientia et technica*, x (24), págs. 219-224.
- SEMENOV, V. P. (2018), «Quality management, transport and information security, information technologies», IEEE International Conference (IT&QM&IS).
- SORET DE LOS SANTOS, I. (1994), *Logística Comercial y Empresarial*, ESIC Editorial, Madrid.
- TARÍ, J.J. (S.F.), «Historia y desarrollo de la calidad», disponible en <https://edgarfloresjuarezherrablog.weebly.com/11-historia-y-desarrollo-de-la-calidad.html>.
- THOMPSON, I. (2007), «Tipos de Canales de Distribución», disponible en <https://www.promonegocios.net/distribucion/tipos-canales-distribucion.html>.
- TORRES-MENDOZA, M. R. Y M. S. HERNÁNDEZ-GARCÍA (2015), *Diseño y Operación de Sistemas de Almacenamiento y Manejo de Materiales (Vol. 1)*, Facultad de Ingeniería, Ciudad de México.

VÁZQUEZ, D. (S.F.) «Estratificación», disponible en <https://controlestadisticodelacalidad-industrial.weebly.com/166-estratificacioacuten.html>.

VILCHEZ, M.E. Y. (2013), «Calidad de servicio y su relación con la comercialización de muebles en el conglomerado comercial San Carlos, Canto Grande, SJJ, Lima 2013» [tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo], disponible en <https://es.scribd.com/document/354109491/Modelo-de-Tesis>.